AGUAS CONTINENTALES Y **DIVERSIDAD BIOLÓGICA** DE **MÉXICO**





Laura Arriaga Cabrera • Verónica Aguilar Sierra • Javier Alcocer Durand

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

2000

AGUAS CONTINENTALES
Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MÉXICO



AGUAS CONTINENTALES Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MÉXICO

Laura Arriaga Cabrera, Verónica Aguilar Sierra,
Javier Alcocer Durand



COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

MÉXICO, 2000

Diseño de cubiertas: Luis Almeida, Ricardo Real
Fotografías: Fulvio Eccardi y Verónica Aguilar
Cuidado de la edición: Ivalú Cacho

Primera edición, 2000

ISBN 970-9000-15-2

Impreso y hecho en México/*Printed and made in Mexico*

Forma de citar: Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra y J. Alcocer Durand. 2000. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Créditos
Programa Regiones Hidrólogicas Prioritarias Marinas y Limnológicas de México: Laura Arriaga Cabrera, Ella Vázquez-Domínguez, Verónica Aguilar Sierra, Javier Alcocer Durand.
Sistema de Información Geográfica: Raúl Jiménez, Enrique Muñoz, Eduardo Martínez, Francisco Vázquez, Diana Vázquez, Isabel Cruz, Claudia Aguilar.
Análisis, cartografía, apoyo informático e incorporación de información: Eduardo Martínez, Claudia Aguilar, Jesús Alarcón y Hugo Beraldi.
Inventarios Bióticos: Liliana Lara, Patricia Koleff, Claudia Aguilar, Maribel Castillo, Tania Escalante, Cecilia Fernández, Óscar Márquez, Elizabeth Moreno, Susana Ocegueda, Rocio Villalón.
Recaudación de Fondos: Laura Arriaga, Teresa Bosques, Ella Vázquez.
Administración: Adriana Ordóñez, Antonio Robles, Angélica Cordero, Aimeé Gálvez.

CONTENIDO

SECCIÓN 5. CONSERVACIÓN Y MANEJO

ANEXOS

RESUMEN

La integridad de los sistemas de aguas epicontinentales y su diversidad biológica se encuentran cada vez más amenazadas por las actividades humanas en todo el mundo. La gran variedad de actividades intersectoriales se contraponen cada vez más entre sí y con las necesidades de las especies. El deterioro de la calidad del agua y la reducción del volumen de aguas superficiales y subterráneas disponibles demuestran claramente que las aguas interiores no son recursos inagotables. El bienestar social y económico de un país depende, en gran medida, de la capacidad que tienen los ecosistemas acuáticos de brindar sus servicios ambientales, de ahí la importancia de mantener su integridad mediante un uso racional y sustentable.

Es así como surge la necesidad de revisar el estatus de la información sobre la diversidad y el valor biológico de las cuencas hidrológicas, además de evaluar las amenazas directas e indirectas sobre los recursos y el potencial para su conservación y manejo adecuado.

Enmarcado en este contexto, en octubre de 1997, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) inició el programa Regiones Prioritarias Marinas y Limnológicas de México, con el objetivo de desarrollar un marco de referencia para contribuir a la conservación y manejo sustentable de los ambientes oceánicos, costeros y de aguas epicontinentales del país. Este programa forma parte de una serie de estrategias instrumentadas por la Conabio para promover, en el ámbito nacional, el conocimiento, uso y conservación de la diversidad biológica de México.

Como parte de dicho programa, se realizaron dos talleres sobre regiones hidrológicas prioritarias, del 20 al 23 de abril y del 25 al 26 de mayo de 1998, con la finalidad de regionalizar los cuerpos de agua epicontinentales considerados los más importantes en función de su biodiversidad. Los talleres reunieron a 45 especialistas de los sectores académico y gubernamental, así como de organizaciones no gubernamentales, para realizar un diagnóstico de los ambientes de agua epicontinentales y seleccionar áreas que destacaran en función de su riqueza biológica, grado de conocimiento general o carencia de información, actividades de uso actuales y potenciales, impactos negativos actuales y potenciales en su biodiversidad, y servicios ambientales.

Con la información anterior se elaboraron mapas del territorio nacional de las áreas prioritarias consensuadas por su biodiversidad, uso de recursos, carencia de información y potencial para la conservación. Se elaboró también una ficha técnica para cada área con información de tipo limnológico, geológico/edáfico, sobre recursos hídricos y biodiversidad, uso de los recursos, aspectos económicos y problemáticas de estudio, conservación y uso.

Se identificaron 110 regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 son de alta riqueza biológica con potencial para su conservación; dentro de estas dos categorías, 75 presentan algún tipo de amenaza. Se identificaron también 29 áreas biológicamente importantes pero que carecen de información científica suficiente sobre su biodiversidad.

En relación con la problemática identificada, sobresale la sobrexplotación de las aguas superficiales y subterráneas que ocasiona una notable disminución en la cantidad de agua disponible, intrusión salina, desertificación y deterioro de los sistemas acuáticos; la contaminación de

los acuíferos someros y profundos principalmente por descargas urbanas, industriales, agrícolas y mineras que provocan una disminución en la calidad del agua y su eutroficación; los procesos de erosión acelerada causados por el cambio de uso del suelo para agricultura, ganadería, silvicultura y crecimiento urbano e industrial mediante actividades que modifican el entorno, como la deforestación, la alteración de cuencas, la construcción de presas y canales, la desecación o relleno de áreas inundables, la modificación de la vegetación natural, la pérdida de suelo y los incendios, y, finalmente, la introducción de especies exóticas a los cuerpos de agua con el consiguiente desplazamiento de especies nativas y la disminución de la diversidad biológica.

En la presente publicación se hace una síntesis de la situación actual de los recursos hídricos asociados a regiones importantes por su diversidad biológica; se abordan asimismo su problemática y esfuerzos de conservación y manejo, así como el grado de conocimiento científico disponible. Con ello se establece un marco de referencia para la toma de decisiones y el establecimiento de prioridades en el manejo sustentable de los ecosistemas epicontinentales de México, ya sea para conservarlos, explotarlos, rehabilitarlos o restaurarlos.

ABSTRACT

Throughout the world, the integrity of the epicontinental freshwater systems and their biological diversity are being increasingly threatened by human activities. The great variety of these activities lead to frequent conflicts among users and species. Water quality deterioration and depletion of available surface and groundwater resources points out that the epicontinental waters are not bottomless. The social and economic welfare of a country relays, on great extent, in the capacity of epicontinental freshwater ecosystems to supply its services; hence the importance to maintain its integrity through a rational and sustainable way.

Therefore, the need to revise the status of information on the diversity and biological value of the drainage basins arises, as well as to evaluate the direct and indirect threats to the resources and the potential for their adequate conservation and management.

With this background, in october of 1997, the National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity (Conabio) initiated the program *Regiones Prioritarias Marinas y Limnológicas de México* with the purpose of developing a reference framework to contribute to the conservation and sustainable management of the epicontinental waters, coastal and oceanic environments. This programme is part of a set of strategies established by the Conabio to promote, at a national level, the knowledge, use and conservation of the biological diversity of Mexico.

Among the activities directed to fulfill this task, the Conabio organised two workshops on hidrological priority regions, from 20-23 April and from 25-26 May of 1998, to define regions regarding freshwater resources as priority considering biodiversity. The workshops gathered 45 academic, govenment and non-governmental organisation specialists to diagnose freshwater environments and select areas with respect to high biological richness, the degree of general knowledge or the lack of information, the actual and potential use, the actual and potential negative impacts on biodiversity and the environmental services.

With this information, maps of the Mexican territory were made for the areas of top priority concerning biodiversity, use of resources, lack of information and potential for conservation. Likewise, technical file card for each area with information on limnology, geology/edaphology, water resources and biodiversity, as well as on the use of resources, economic aspects and conflicts and recommendations on research, conservation and use were obtained.

Among 110 identified drainage basins of top priority considering biodiversity, 82 correspond to areas in use and 75 are biologically rich areas with potential for conservation; within these two categories, 75 are threatened in some way. Also 29 areas were identified that are biologically important but for which there is not enough scientific information on biodiversity.

Conflicts between sectors were identified. Aspects such as excessive exploitation of underground and surface waters stand out since they cause a strong decrease in the available water resources, saline intrusion, desertification and alteration of the aquatic systems. Pollution of underground and surface waters, specially by domestic, industrial, agricultural and mining waste waters diminish the water quality leading to eutrophication and alteration of aquatic systems. The accelerated erosion process caused by activities that modify the landscape such as conversion and modification of natural habitats to agricultural, ranching, forestry and industrial expan-

sion as well as population growth lead to deforestation, basin alteration, damming and channeling, dessication and filling of wetlands, soil loss and fires. Finally, the introduction of exotic species to the freshwater ecosystems results in the consequent replacement of native species and lost of biological diversity.

The present issue is a synthesis of the actual situation of the water resources associated to areas of top priority considering biodiversity. Conflicts and efforts for conservation and management are considered, as well as the scientific knowledge that has been achieved for these regions. This framework is directed to decision makers and to agencies that are related with the establishment of priorities in the management and sustainable use of the Mexican freshwater ecosystems whether for conservation, exploitation, rehabilitation or restoration.

AGRADECIMIENTOS

La presente obra no hubiera sido posible sin la valiosa colaboración de investigadores y especialistas de los sectores académico, gubernamental, privado y social, quienes concedieron parte de su tiempo, conocimientos y experiencia para la realización de los talleres correspondientes al programa Regiones Hidrológicas Prioritarias y Biodiversidad de México. A todos ellos, nuestro más profundo agradecimiento.

Asimismo, nuestro especial reconocimiento a los revisores de la presente publicación, los doctores Jorge Brena, Salvador Contreras, Guadalupe de la Lanza, Antonio Lot, Manuel Maass, Angelina Martínez, Marisa Mazari y Juan Jacobo Schmitter por sus sugerencias, recomendaciones e invaluable apoyo en cuanto a información adicional y detallada de los diversos temas que componen este texto.

Nuestro agradecimiento a la M. en C. Susana Ocegueda de la Subdirección de Inventarios Bióticos de la Conabio por la revisión nomenclatural de los listados de especies y, muy en especial, a la bióloga Claudia Aguilar por el diseño y elaboración de la cartografía; al M. en C. Eduardo Martínez, por el análisis de pérdida de cobertura vegetal y cuerpos de agua; a los biólogos Jesús Alarcón y Hugo Beraldi por el apoyo informático y la incorporación de información a las fichas técnicas, y a Gloria Espinosa por el apoyo logístico y administrativo durante los talleres y el proyecto en general.

Finalmente, agradecemos a las instituciones que apoyaron económicamente este programa: Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad, The David and Lucile Packard Foundation, The United States Agency for International Development, el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza y el Fondo Mundial para la Naturaleza.

PARTICIPANTES EN LOS TALLERES

Asesor

Javier Alcocer, Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala, UNAM, México, D.F.

Especialistas

Vicente Aguilar, Comisión Nacional del Agua, La Paz, B.C.S.
David Alonso, Ducks Unlimited de México, A.C., Garza García, N.L.
Fernando Álvarez, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
Héctor Arias, Instituto de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, Hermosillo, Son.
Fernando Bernal, Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, U. Pátzcuaro, Pátzcuaro, Mich.
Jorge E. Brena, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor.
Joaquín Bueno, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
Mauricio Cervantes, Wetlands International, Guaymas, Son.
Enrique Cisneros, Ducks Unlimited de México, A.C., Garza García, N.L.
Atilano Contreras, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
Salvador Contreras, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, Monterrey, N.L.
Guadalupe de la Lanza, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
Miguel Equihua, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver.
Héctor Espinosa, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
Francisco Flores, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Mazatlán, Sin.
Óscar Flores, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
Patricia Fuentes, Instituto Nacional de la Pesca, Semarnap, México, D.F.
Juan Antonio García, Facultad de Ingeniería, UAEM, Toluca, Edo. de México.
José Luis García, Universidad Autónoma Metropolitana-U. Iztapalapa, México, D.F.
Isabel García, Planeación, Desarrollo y Recuperación Ambiental, Xalapa, Ver.
José Luis Godínez, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
Ignacio González, Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
Francisco González, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
Manuel Guzmán, Instituto de Limnología, UG, Chapala, Jal.
Lucina Hernández, Instituto de Ecología, A.C., Durango, Dgo.
Enrique Kato, Universidad Tecnológica de León, León, Gto.
Manuel Maass, Instituto de Ecología, Campus Morelia, UNAM, Morelia, Mich.
Luis E. Marín, Instituto de Geofísica, UNAM, México, D.F.
Marisa Mazari, Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F.
Ma. Esther Meave, Universidad Autónoma Metropolitana-U. Iztapalapa, México, D.F.
Carlos Montaña, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Ver.
Álvaro Muñoz, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Mor.
Edna Naranjo, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
Adolfo G. Navarro, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
Alejandro Novelo, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.

Araceli Orbe, Centro Regional de Investigaciones Pesqueras, U. Pátzcuaro, Pátzcuaro, Mich.
Federico Páez, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, Mazatlán, Sin.
Roberto Rico, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags.
Ricardo Rodríguez, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, B.C.S.
Fernando Rosete, Instituto Nacional de Ecología, Semarnap, México, D.F.
Alejandro Ruiz, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Jiutepec, Mor.
Ma. Elena Sánchez, World Wildlife Fund, México, D.F.
Juan Jacobo Schmitter, El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Q.R.
Magdalena Tavera, Facultad de Biología. UNE, Tampico, Tams.
Rosa Luz Tavera, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
Roberto Torres, Universidad Autónoma Metropolitana-U. Iztapalapa, México, D.F.
Leonardo Varela, Instituto de Ecología, UNAM-Campus Sonora, Hermosillo, Son.

Personal de la Conabio
Jorge Soberón, Secretario Ejecutivo
Laura Arriaga, Directora de Análisis y Prioridades
Raúl Jiménez, Director de Sistemas
Enrique Muñoz, Subdirector de Sistemas de Información Geográfica
Verónica Aguilar, Analista de Análisis y Prioridades
Claudia Aguilar, Analista de Análisis y Prioridades
Eduardo Martínez, Analista de Análisis y Prioridades
Ella Vázquez, Analista de Análisis y Prioridades
Teresa Bosques, Responsable del Financiamiento Externo
María Isabel Cruz, Analista de Sistemas de Información Geográfica
Francisco Vázquez, Analista de Sistemas de Información Geográfica
Diana Vázquez, Analista de Sistemas de Información Geográfica
Hugo Beraldi, Analista de Análisis y Prioridades
Jesús Alarcón, Analista de Análisis y Prioridades

Personal del ITESM-Campus Estado de México
Jaime Fuentes Barajas
Verónica Pedrero
José Luis González
Luis Quintana

Instituciones financiadoras
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)
The David and Lucile Packard Foundation (Packard)
United States Agency for International Development (USAID)
Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN)
Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)

Revisores de esta publicación
Jorge Brena, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Salvador Contreras, Bioconservación, A.C.
Guadalupe de la Lanza, Instituto de Biología, UNAM
Antonio Lot, Instituto de Biología, UNAM
Manuel Maass, Instituto de Ecología, Campus Morelia, UNAM
Angelina Martínez, Instituto de Ecología, Campus Hermosillo, UNAM
Marisa Mazari, Instituto de Ecología, UNAM
Juan Jacobo Schmitter, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal

PREFACIO

La diversidad y modalidades que a lo largo de la historia se han dado al uso, control y distribución de los recursos hídricos han constituido la base de numerosos estudios que ofrecen perspectivas muy variadas. El agua es un tema de gran interés para una gama muy amplia de especialistas, lo cual da cuenta de la posibilidad y virtudes del trabajo multidisciplinario. *Aguas continentales y diversidad biológica de México* constituye una obra que sirve para estos propósitos, en términos tanto informativos como formativos: por un lado es útil para los investigadores dedicados a las ciencias naturales, exactas y sociales y, por otro, para funcionarios, tomadores de decisiones y conservacionistas relacionados con la problemática hídrica.

Esta obra, cuyo hilo conductor y protagonista central es el agua, trata de la interacción hombre-naturaleza y mantiene la discusión alrededor de una problemática en particular: la amenaza a la diversidad biológica y a la integridad de los sistemas acuáticos a causa de la actividad humana. Como resultado de una serie de investigaciones, ofrece un amplio panorama que permite conocer a fondo las regiones hidrológicas prioritarias e identificar una serie de estrategias que permitan su mayor y mejor conocimiento para hacer un uso adecuado del recurso, para conservarlo y, con ello, controlar e incluso revertir las amenazas potenciales y reales a la diversidad biológica de las aguas epicontinentales de nuestro país.

La mayor parte de los aspectos problemáticos identificados mantiene una relación directa con la intervención del hombre, particularmente la sobrexplotación, la contaminación y la alteración de las corrientes superficiales y los acuíferos. Gran parte de estos aspectos es producto de lo que en términos generales podemos identificar con la modernización, la urbanización creciente y desordenada, y el crecimiento poblacional, que exigen un aprovisionamiento de recursos hídricos cada vez mayor, así como un uso exhaustivo y no planeado de ellos. Dicha modernización ha intensificado y agravado de manera particular la posibilidad de que las amenazas crezcan y se conviertan incluso en desastres, por lo cual en los últimos años se ha incrementado el número de estudiosos en estos temas que afirman que "los desastres no sólo son naturales". El recuento histórico demuestra que si bien se trata de problemas no resueltos por el desarrollo, tampoco son fenómenos ni procesos atribuibles exclusivamente a la modernización, pero sí a la intervención humana.

Algunos estudios recientes llevados a cabo por arqueólogos, antropólogos e historiadores dan cuenta de los resultados provocados, en diferentes momentos históricos y en sociedades diversas, por el uso indiscriminado de los recursos locales, particularmente del agua. Incluso se ha llegado a identificar el desplome de algunas civilizaciones antiguas como resultado de una correlación desfavorable entre anomalías climáticas y determinados eventos históricos, como la caída del Antiguo Reino de Egipto en el tercer milenio a. de C., a la que contribuyeron el aumento poblacional, la pérdida de poder de la autoridad central y la fragmentación política, que provocaron un deterioro sociopolítico al que se sumaría una severa sequía ante la cual la administración política fue incapaz de reaccionar.[1]

[1] Linda Manzanilla, "Indicadores arqueológicos de desastres: Mesoamérica, Los Andes y otros casos", en: Virginia García Acosta, coord., *Historia y desastres en América Latina*, vol. II:33-58, LA RED/CIESAS/ITDG, Lima, 1997 y Brian Fagan, *Floods, Famines and Emperors. El Niño and the Fate of Civilizations*, Basic Books, Nueva York, 1999.

Las concentraciones urbanas, especialmente representadas por el caso de Teotihuacan y sus estrategias de asentamiento, provocaron una creciente deforestación del entorno y la consecuente erosión de los suelos, así como una sobrexplotación de los recursos hídricos. Estas condiciones aunadas a los crecientes problemas de abastecimiento por la pérdida de autosuficiencia económica y a la presencia de un periodo prolongado de sequía, fueron la causa del colapso teotihuacano hacia el 700 d. de C, el cual fue calificado como uno de los fenómenos urbanos preindustriales más importantes en la evolución humana.[2]

Conforme nos acercamos al presente, a los ejemplos anteriores se les pueden incorporar otros elementos que en la actualidad se denominan "degradación o deterioro ambiental". Entre las anomalías climáticas y los desastres relacionados con el agua en las últimas décadas, y atendiendo a la dimensión humana de todo ello, se encuentran los efectos del cada vez más estudiado fenómeno El Niño. En nuestro país, el estudio de los "Niños" de 1982-1983 y de 1997-1998 como anomalía climática presenta serias repercusiones: las lluvias de invierno se han intensificado y las de verano se han debilitado; en algunas zonas se han incrementado los frentes fríos en invierno y en otras hay sequías a las que se asocian incendios forestales que han alcanzado proporciones enormes. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que el rápido aumento demográfico, la degradación de los sistemas ecológicos, la urbanización creciente, los asentamientos irregulares y las bajas tasas de crecimiento económico, entre otros elementos, provocan que los fenómenos meteorológicos se traduzcan en verdaderos desastres que, por lo mismo, dejan de ser estrictamente "naturales".[3]

El trabajo multi e interdisciplinario en este campo, así como el estudio de los procesos desde una perspectiva histórica resulta ineludible. La susceptibilidad a fenómenos extremos como El Niño, que hemos tomado aquí como ejemplo, ha sido construida socialmente, y en dicha construcción han intervenido de manera determinante una serie de factores y procesos que con el paso del tiempo han incrementado los riesgos y la vulnerabilidad a ellos. Relacionados de manera directa con el campo de la hidrología, encontramos la sobrexplotación y la contaminación de los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, la desertización, la deforestación, el deterioro de los sistemas acuáticos, las prácticas ilegales y, en general, el uso indiscriminado, no planeado y desordenado del agua.

Por todo lo anterior, *Aguas continentales y diversidad biológica de México* constituye una aportación invaluable para el análisis y la toma de decisiones, sobre todo porque está basada en estudios de corte multidisciplinario y porque considera diversas estrategias de gestión local, regional, nacional e internacional, que permitan que un planeta en el que habitan seis billones de seres humanos encuentre vías para evitar colapsos que rebasen, con mucho, aquéllos que el recuento histórico ha logrado ya identificar.

Dra. Virginia García Acosta
Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

[2] Cfr. Manzanilla, *op. cit.*

[3] Víctor O. Magaña R., ed., *Los impactos de El Niño en México*, UNAM/IAI/SEGOB/SEP-Conacyt, México, 1999, y "El Niño en América Latina", en: *Desastres & Sociedad. Revista semestral de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*, núm. 9, 1998.

NOTA

En la actualidad, la información es una de las herramientas más útiles para la planeación y el diseño de políticas ambientales, así como para la toma de decisiones, a todos los niveles y en todos los sectores. En este sentido, *Aguas continentales y diversidad biológica de México* tiene como objetivo no sólo hacer un diagnóstico de la situación y el estado de los recursos acuáticos y su biodiversidad, sino también reunir y ordenar la información que existe sobre diferentes aspectos relacionados con los ambientes acuáticos epicontinentales. Así, el presente texto se estructuró en cinco secciones que corresponden a los siguientes temas:

Regionalización: en esta sección se presentan las diferentes regionalizaciones que se han hecho tomando en cuenta diferentes criterios con fines de descripción, planeación, manejo y conservación de los recursos y ecosistemas acuáticos. Se incluyen también la metodología y los resultados de los talleres efectuados por la Conabio, en donde se analizan las principales cuencas y subcuencas, clasificadas en este caso como regiones, utilizándose como criterio principal las características de biodiversidad de cada una de las áreas identificadas.

Finalmente, se incluyen las fichas técnicas de cada una de las regiones hidrológicas prioritarias, las cuales contienen información básica sobre las características fisiográficas, los recursos hídricos, la flora y la fauna correspondientes a esa región, las actividades económicas, y la problemática relacionada con la contaminación, modificación del entorno y uso de los recursos en el área, así como sobre las acciones y sugerencias de conservación y los grupos e instituciones que realizan trabajo de investigación en la región. La información contenida en estas fichas puede presentar, de manera general, diferencias de contenido. Esto se debe a que son el resultado de la experiencia y conocimiento de los especialistas que participaron en el taller, a que la revisión no es exhaustiva y a que la información se encuentra muy dispersa, no está publicada o no existe. Por otra parte, es importante advertir que por la naturaleza de la información, ésta está sujeta a cambios y actualizaciones. También cabe mencionar que aunque el tema de esta publicación son las aguas epicontinentales, las fichas relacionadas con las regiones costeras presentan información no sólo de especies de agua dulce sino también de especies estuarinas. Esto se debe a que tales ecosistemas son parte de la cuenca baja de las regiones hidrológicas en cuestión.

Recursos hídricos y biodiversidad: en esta sección se incluyen los temas relacionados con el balance hídrico, el concepto de cuenca, la distribución, captación y almacenamiento de los recursos hídricos en el país y la calidad del agua y su monitoreo, así como la descripción de los principales acuíferos y su distribución por provincias hidrogeológicas. En cuanto a los ambientes acuáticos, se destacan los principales cuerpos de agua, tanto lóticos como lénticos, la diversidad de ecosistemas y especies que los caracterizan y algunos aspectos ecológicos. También se presentan los estudios de caso de algunos ecosistemas acuáticos representativos por su diversidad de hábitats, riqueza de especies y alto número de endemismos.

Asimismo, se describen algunas comunidades que constituyen la flora acuática de México. Se evalúa, también, no sólo la pérdida de vegetación acuática y cuerpos de agua, sino la de aquellas comunidades ligadas al medio acuático como los palmares, la vegetación de galería y los mezquitales. Por último, se presentan las regiones hidrológicas prioritarias clasificadas como de alta biodiversidad.

Uso y problemática de los recursos hidráulicos: en esta sección se incluyen los capítulos que hacen referencia a los servicios ambientales que brindan los ecosistemas acuáticos, al valor económico que representa no sólo el recurso hídrico por sí mismo, sino toda la biodiversidad acuática, así como su problemática y consolidación de mercados. También se analizan las amenazas y la problemática por uso; es decir, todas aquellas actividades humanas que repercuten de manera negativa en los ecosistemas acuáticos. Además, se presentan como marco jurídico las principales leyes y normas relacionadas con el manejo y distribución del agua, el pago de derechos por uso y descarga de aguas residuales, los permisos y títulos de concesión y asignación, y la protección de los ecosistemas acuáticos y del equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrólogico, así como con los criterios de protección, sustentabilidad y conservación. Finalmente, se presentan las regiones hidrológicas prioritarias clasificadas por su uso y grado de amenaza.

Falta de información: esta sección se refiere al grado de conocimiento que se tiene en la actualidad de los ambientes acuáticos y a los posibles mecanismos de obtención de información, no sólo de las especies, sino de sus poblaciones y ecosistemas. Asimismo, se listan las instituciones que trabajan en estas áreas y se señalan aquellas regiones hidrológicas prioritarias que carecen de información científica suficiente.

Conservación y manejo: en esta sección se describen los programas y los esfuerzos que llevan a cabo las diferentes instituciones nacionales e internacionales en lo relacionado a la conservación y al manejo integrado de los recursos acuáticos.

Esta publicación incluye también tres anexos: el formato de la ficha técnica, el directorio de los participantes en los talleres y el mapa de las regiones hidrológicas prioritarias a escala 1:4 000 000. Al final de la publicación se encuentran un glosario y la bibliografía citada y consultada.

Esperamos que la información presentada en este texto sea de utilidad para todas aquellas personas interesadas en el manejo, uso y conservación de los recursos acuáticos de México.

SECCIÓN 1
REGIONALIZACIÓN

1. REGIONALIZACIONES

La conservación y rehabilitación de los cuerpos de agua y de la biodiversidad acuática es una prioridad nacional ante la crisis ambiental que ha enfrentado el país en las últimas décadas. Para lograr estos objetivos, se requieren nuevas metodologías que permitan incorporar cambios en una escala y alcance accesibles a la práctica. En este sentido, las escalas de análisis, temporales o espaciales, pueden ser muy variables y están en función de los objetivos planteados. Con un criterio espacial, la región es una asociación geográfica de relaciones o unidades homogéneas que, con criterios específicos, caracterizan áreas a escalas de ámbito local, regional o nacional.

El establecimiento de prioridades recurre a herramientas como la regionalización que, tomando en cuenta diferentes criterios, es utilizada cada vez más en el contexto ambiental con fines de planeación, manejo y conservación de los ecosistemas y sus recursos.

En el caso de los recursos hidrológicos, es necesario hacer uso de regionalizaciones que permitan estudiar por partes y de una manera ordenada y jerárquica con relación al resto del territorio nacional, las características ecológicas (geomorfológicas, climáticas, biológicas y otras) que influyen en la disponibilidad de agua con la cantidad, calidad y temporalidad que los diferentes sectores de la sociedad requieren. En este capítulo, se describen las diferentes regionalizaciones que se han hecho con este fin.

1.1. REGIONALIZACIÓN DEL FONDO MUNDIAL PARA LA NATURALEZA

En el otoño de 1995, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y Wetlands International realizaron en Santa Cruz, Bolivia, un taller sobre la biodiversidad de aguas epicontinentales de América Latina y el Caribe, con objeto de establecer prioridades para la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos.

En esta regionalización, la unidad de análisis fue la ecorregión, definida como el área de tierra y agua relativamente grande que contiene diferentes conjuntos de comunidades naturales a nivel geográfico, donde las comunidades comparten un gran número de especies, su dinámica y condiciones ambientales y, al mismo tiempo, funcionan de manera eficiente como unidades de conservación.

Desde esta perspectiva, el análisis enfatiza la importancia de conservar los sitios donde ocurren fenómenos ecológicos y evolutivos, así como de mantener viables las poblaciones de distintas especies y los procesos que sostienen y dan origen a la biodiversidad. Es también importante la conservación de hábitats naturales lo suficientemente grandes que permitan responder a perturbaciones a gran escala y a cambios a largo plazo. Este análisis cuantifica la diversidad biológica de las ecorregiones de aguas epicontinentales de Sudamérica, Centroamérica, el Caribe y México.

En este taller se utilizaron los índices de importancia biológica y de estatus de conservación. El primero se interpreta como el grado de relevancia biológica de una ecorregión a diferentes escalas biogeográficas; se basa en criterios de riqueza específica, endemismos, diversidad de

ecosistemas, fenómenos evolutivos y ecológicos extraordinarios, y tipos de hábitats. El segundo está diseñado para estimar la capacidad de una ecorregión para mantener sus poblaciones, comunidades y procesos ecológicos viables, así como para responder efectivamente, a corto, mediano y largo plazos a los cambios ambientales. Este índice se basa en siete criterios: grado de alteración en la cuenca, degradación de la calidad del agua, alteración de la integridad hidrográfica, grado de fragmentación del hábitat, pérdidas adicionales del hábitat original, efectos por especies introducidas y explotación directa de las especies. Con base en estos índices, se identificaron 117 ecorregiones. De éstas, 9% son clasificadas como globalmente sobresalientes, 44% como regionalmente sobresalientes, 26% como regionalmente importantes y 21% como localmente importantes. En cuanto su estatus de conservación, 8% de las ecorregiones fueron identificadas como críticas, 37% como en peligro, 42% como vulnerables, 10% como relativamente estables y 3% como relativamente intactas. En el cuadro 1.1, se pueden observar el estatus de conservación y la importancia biológica de las 117 ecorregiones.

Cuadro 1.1. Matriz de distribución de las ecorregiones de América Latina y el Caribe del WWF (Olson *et al.*, 1998)

	Estatus de conservación					
Importancia biológica	*Crítica*	*En peligro*	*Vulnerable*	*Relativamente estable*	*Relativamente intacta*	***Total***
Globalmente sobresalientes	0	2	8	1	0	**11**
Regionalmente sobresalientes	4	19	21	6	1	**51**
Regionalmente importantes	3	13	8	5	1	**30**
Localmente importantes	2	8	13	1	1	**25**
Total	**9**	**42**	**50**	**13**	**3**	**117**

En general, más de 85% de las ecorregiones hidrológicas de Latinoamérica y el Caribe están consideradas como críticas, en peligro o vulnerables. Si las comparamos con las ecorregiones terrestres, las cuales presentan 60% de ecorregiones consideradas como críticas, en peligro o vulnerables (Dinerstein *et al.* 1995), resulta evidente que los ecosistemas de aguas epicontinentales han sido sustancialmente más impactados que los terrestres.

Para México, las ecorregiones hidrológicas prioritarias más importantes para la conservación son los ríos Bravo, Conchos, San Juan, Pánuco, Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta, cuenca alta del río Verde, Cuatro Ciénegas, los llanos de El Salado, lago de Chapala, el sureste de Veracruz, Catemaco y Yucatán. Todas estas ecorregiones están consideradas como en peligro o vulnerables y requieren acciones urgentes para su conservación. Entre las regiones con estatus crítico y en peligro cuya conservación es prioritaria a escala regional, se encuentran el delta del río Colorado, las costas de Sonora y Sinaloa, el Complejo Guzmán, el Bolsón de Mapimí, los ríos Salado, Santiago, Lerma, Balsas, Manantlán-Ameca y Tehuantepec. Estas regiones se encuentran fuertemente afectadas, por lo que las acciones de conservación deben darse en el ámbito regional.

En la primavera de 1998, el Fondo Mundial para la Naturaleza realizó otro taller, con la misma metodología que el anterior, para las ecorregiones hidrológicas de Norteamérica (incluyendo a México nuevamente), con la finalidad de aportar un marco de referencia para las acciones relacionadas con la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos epicontinentales en Canadá, Estados Unidos y México (Abell *et al.* 1998).

En este taller, se consideró también la ecorregión como la unidad de análisis. Los objetivos fueron identificar las ecorregiones de ambientes acuáticos con alta biodiversidad a escala glo-

bal, continental, biorregional y nacional, el tipo y grado de amenazas, los sitios específicos dentro de estas ecorregiones donde las acciones de conservación pudieran tener resultados o beneficios sustanciales para la biodiversidad y la carencia de información necesaria para la evaluación acertada de la diversidad biológica, así como proporcionar un marco de referencia para que las agencias y grupos conservacionistas pudieran dirigir sus actividades dentro de un contexto global y continental para lograr una utilización mejor y más efectiva de los recursos.

Con base en criterios de riqueza específica, endemismos, fenómenos ecológicos y evolutivos extraordinarios y tipos de hábitat, se identificaron 76 ecorregiones correspondientes a 136 sitios. En el cuadro 1.2, se pueden observar estas ecorregiones con sus estatus de conservación e importancia biológica. Cabe destacar que del total de ecorregiones, 20% están consideradas como importantes en un ámbito global, 53% a escala continental, 5% en un contexto biorregional y 22% a escala nacional. En cuanto al estatus de conservación, 28% del total de las ecorregiones se encuentra dentro de la categoría de críticas, 26% en peligro, 25% como vulnerables, 12% como relativamente estables y 9% como relativamente intactas.

Cuadro 1.2. Matriz de distribución del WWF de las ecorregiones de Norteamérica (Abell *et al.*, 1998)

	Estatus de conservación					
Importancia biológica	*Crítica*	*En peligro*	*Vulnerable*	*Relativamente estable*	*Relativamente intacta*	***Total***
Global	6	3	3	3	0	**15**
Continental	13	12	9	3	3	**40**
Biorregional	0	1	0	2	1	**4**
Nacional	2	4	7	1	3	**17**
Total	**21**	**20**	**19**	**9**	**7**	**76**

Entre los grandes hábitats fuertemente degradados y amenazados, de importancia global y continental, se encuentran: los lagos y cabeceras de los ríos de zonas templadas debido al uso intensivo que se les ha dado por siglos; los ríos, lagos y manantiales endorreicos por su sobrexplotación (en especial, los sistemas de agua subterránea), contaminación e introducción de especies exóticas, y los ríos, lagos y manantiales de zonas desérticas y semidesérticas, por enfrentar las mismas amenazas que los sistemas endorreicos además de presentar una mayor biodiversidad y un alto endemismo que los hace únicos e irremplazables. Los ríos y lagos costeros subtropicales están también seriamente amenazados debido al grado de desarrollo de estas regiones y a los impactos por la urbanización los cuales son más difíciles de regular y controlar, y en muchas ocasiones son irreversibles.

Para México, las ecorregiones hidrológicas con la prioridad más alta para la conservación son Cuatro Ciénegas, Chapala, Tamaulipas-Veracruz y los ríos Conchos, Lerma y San Juan. Todas estas ecorregiones son mundialmente importantes y están consideradas como críticas y en peligro, por lo que es necesaria su atención inmediata si se desea conservar sus ecosistemas y su biodiversidad.

Se identificaron también algunos sitios donde las actividades de conservación podrían aportar grandes beneficios para el mantenimiento de los ecosistemas. A continuación se listan algunos de ellos:

- Ciénega del Lerma
- Ciénega de Chapala

- Humedales del Grijalva-Usumacinta
- Delta del río Colorado
- Humedales del lago Cuitzeo
- Río Bavispe, arriba de la presa La Angostura
- Laguna Guzmán
- Cuenca alta del río Sonora, al sur de Cananea
- Lago Babícora
- Lago Bustillos
- Río San Juan, entre Querétaro e Hidalgo
- Venado, al norte de San Luis Potosí
- Cuenca alta del Nazas
- Lago de la Media Luna y río Verde
- Parque Cumbres de Monterrey
- Río Casas Grandes
- Cabeceras del río Yaqui
- Cabeceras del río Conchos

En resumen, las ecorregiones coincidentes entre los dos ejercicios de regionalización llevados a cabo por la WWF son los ríos Conchos y San Juan, el lago de Chapala y Cuatro Ciénegas. Lo sobresaliente de estas ecorregiones es su alto grado de endemismos, que las convierte en sitios únicos en el mundo. Sin embargo, todas ellas están fuertemente amenazadas por la contaminación, la sobrexplotación del recurso hídrico, la introducción de especies exóticas y el crecimiento urbano.

Es importante señalar que cuando se trata de cuerpos de agua, la ecorregión como unidad de análisis resulta muy grande para aplicar medidas de conservación, planeación o manejo. Esto se debe a que la ecorregión comprende áreas muy extensas que pueden abarcar numerosas cuencas hidrológicas y no toma en cuenta características fisiográficas determinantes para llevar a cabo actividades relacionadas con la conservación, rehabilitación o administración de los ecosistemas acuáticos.

1.2. REGIONALIZACIONES DE CARÁCTER ADMINISTRATIVO

La Comisión Nacional del Agua (CNA), en su Programa Hidráulico 1995-2000, utiliza en la administración de los recursos hídricos una regionalización basada en similitudes de características fisiográficas. Comprende 37 regiones hidrológicas y seis regiones administrativas que agrupan las 314 cuencas existentes en nuestro país (figura 1.1).

De acuerdo con las nuevas políticas del gobierno federal relacionadas con la descentralización y transferencia de funciones hacia los estados y municipios, la CNA se vió en la necesidad de proponer una nueva regionalización de México basada en criterios hidrológicos (figura 1.2). Ésta propone la división del país en 13 regiones hidrológicas: I. Península de Baja California, II. Alto noroeste, III. Bajo noroeste, IV. Pacífico centro, V. Pacífico sur, VI. Frontera norte, VII. Cuencas centrales del norte, VIII. Lerma-Santiago, IX. Golfo norte, X. Golfo centro, XI. Golfo sur, XII. Península de Yucatán y XIII. Valle de México (Semarnap, 1996a).

La descentralización implica separar las funciones normativas de las operativas, por lo que esta nueva regionalización resultó ser una herramienta excelente, pues por un lado, permite a la CNA un conocimiento más detallado de los recursos hídricos y por el otro, le posibilita ser más eficaz en la administración y planeación de la disponibilidad y uso del agua.

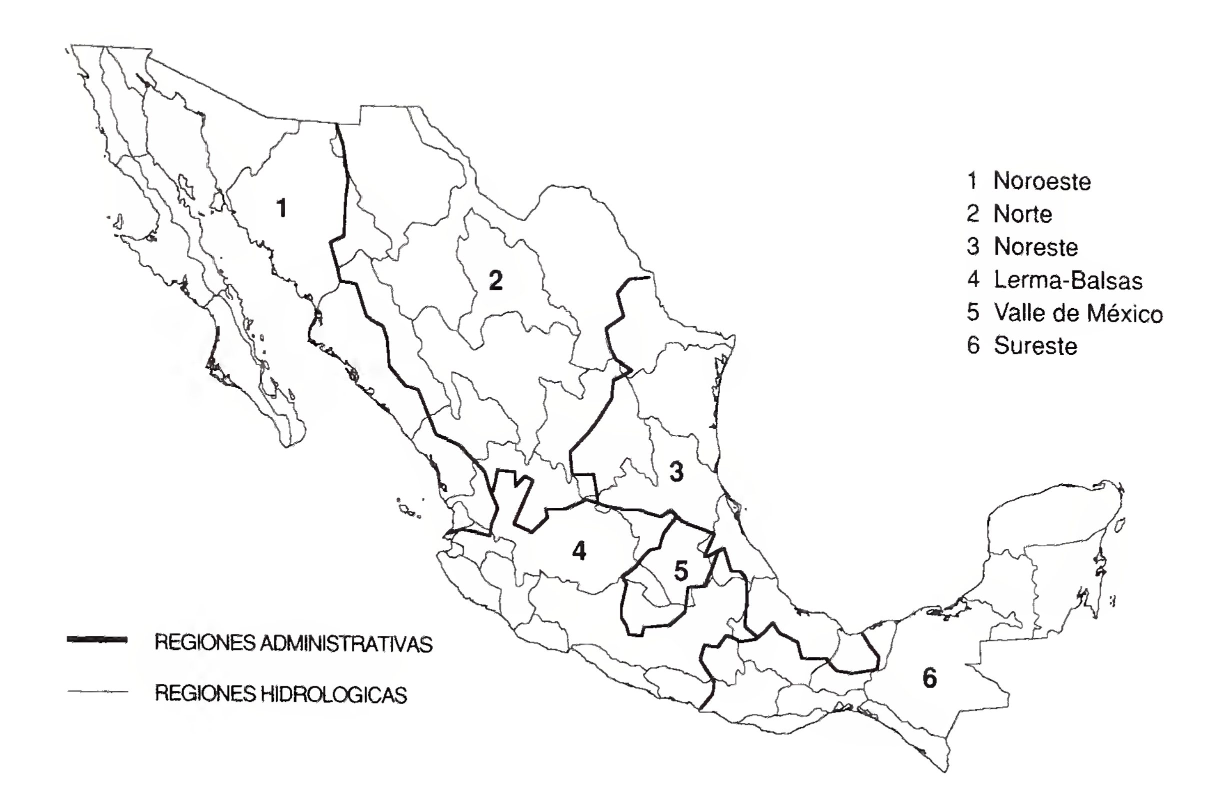


Figura 1.1. Regiones hidrológicas y administrativas de la Comisión Nacional del Agua (Semarnap, 1996a)



Figura 1.2. Nueva regionalización para el manejo del agua de la Comisión Nacional del Agua (Semarnap, 1996a)

1.3. REGIONALIZACIONES DE CARÁCTER FISIOGRÁFICO

México es uno de los pocos territorios cuya compleja constitución conjuga un relieve escabroso, una gran variedad de climas y un escenario geográfico-físico heterogéneo en el que habita una de las biotas más diversas del mundo. Así, las regionalizaciones de carácter fisiográfico reflejan un conjunto de datos objetivos, arreglados sistemáticamente, que representan la geología, estructura e historia de una región (Ferrusquía-Villafranca, 1998).

Con base en las características topográficas y sus recursos acuáticos tanto lénticos como lóticos, Bassols (1977) dividió a México en cinco regiones que comprenden las zonas de drenaje interior con ríos aislados, algunas áreas desprovistas de cuerpos acuáticos superficiales debido a la aridez, las tierras montañosas del sur con abundantes ríos, las regiones occidental y centro-sur del país con valles de ríos importantes, y las tierras bajas y montañosas con abundancia de ríos.

Otra clasificación, basada también en características fisiográficas, es la realizada por la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1976). En ésta se mencionan cinco grandes regiones que son posteriormente subdivididas en once provincias y que se listan a continuación:

- Altiplano mexicano
- Cuenca del río Balsas
- Sureste del país
- Península de Yucatán
- Planicies costeras del sur del Golfo de México

Una excelente revisión de los principales rasgos geológicos y tectónicos de las provincias fisiográficas de México es la propuesta por Ferrusquía-Villafranca (1993), según la cual la península de Baja California incluye una serie de cordilleras que se extienden a todo lo largo de la misma conocidas colectivamente como Cordilleras Peninsulares. Se localizan en la porción oriental, dejando una amplia planicie costera del lado del Pacífico. La parte principal de estas cordilleras está formada por rocas plutónicas y metamórficas de edad mesozoica, y en su porción occidental su composición es predominantemente granítica a granodiorítica. La sierra de La Giganta está constituida por cuerpos de rocas volcánicas y sedimentarias continentales de edad terciaria tardía. Al occidente de esta sierra, la planicie costera del Pacífico se ensancha al norte, formando el desierto el Vizcaíno y las lagunas asociadas, la planicie de Villa Constitución y el área de la bahía de Magdalena. Esta planicie está formada por sedimentos marinos someros de grano fino del Terciario Tardío y del Cuaternario. En el extremo sur de la península, el mayor rasgo geomórfico es la cordillera definida por las sierras de los Novillos, del Triunfo, de La Laguna y de San Lorenzo, constituidas principalmente por un plutón batolítico de composición granodiorítica a granítica de edad mesozoica.

Las cuencas aluviales costeras del noroeste del país son valles relativamente planos en donde sobreyacen gruesos depósitos aluviales separados por cerros compuestos por rocas metamórficas y sedimentarias de edad mesozoica y rocas volcánicas del Cenozoico (Heath, 1988).

La porción norte del Altiplano mexicano es una tierra alta y árida cubierta por material piroclástico donde las sierras se elevan hasta mil metros por encima del nivel medio del altiplano. La planicie presenta un declive en dirección sur-norte desde más de 2 000 m hasta unos 600 m a lo largo del río Bravo (Grande). Aunque las sierras son una característica común del paisaje del altiplano, grandes llanuras dominan el área. Las cuencas de deflación que contienen lagos efímeros, salinos y algunas veces básicos, se presentan como paisajes frecuentes (p. ej. el Bolsón de Mapimí). Estas cuencas se formaron durante el Oligoceno y el Mioceno por procesos tectóni-

cos y volcánicos seguidos de una erosión eólica en un clima árido o semiárido (Edwards, 1955). Los ríos que originalmente fluían al río Bravo se desviaron a las cuencas endorreicas del sur rellenándolas rápidamente con aluvión hasta su desecación. Actualmente, se pueden encontrar algunos de estos lagos-playa y lagos terminales.

La porción sur del Altiplano mexicano es una región irregular con una elevación de entre 2 000 y 2 500 msnm. En este paisaje son notorios las sierras y los edificios volcánicos que llegan a alcanzar hasta 3 000 m de altitud para decrecer hacia las porciones centrales. Los flujos de lava y el cúmulo de material piroclástico emitido a través de fallas y volcanes contribuyeron a la elevación del Altiplano mexicano. Durante el Terciario Medio y el Plio-Pleistoceno, los movimientos tectónicos, fallamientos y elevación del terreno modificaron en forma drástica el sistema de drenaje de la planicie generando profundas cuencas lacustres. Las cenizas volcánicas y los sedimentos acarreados desde las montañas circundantes rellenaron los lagos (Ordóñez, 1946).

El Eje Neovolcánico Transversal se formó por las lavas volcánicas del Terciario y del Cuaternario (Nelson y Sánchez-Rubio, 1986). En la actualidad, esta región continúa su ascenso debido a la colisión de la placa continental Americana con las placas de Cocos y Rivera en el Pacífico (Hanus y Vanek, 1977-78; Venegas *et al.*, 1985; Morán, 1986; Nelson y Sánchez-Rubio, 1986). Este cinturón volcánico constituyó el límite sur de los hielos de la época glacial del Pleistoceno y debido a la presencia de estructuras estrato-volcánicas prominentes y una gran cantidad de pequeños volcanes dió lugar a diversos valles de montaña cerrados y húmedos. Altitudinalmente, se encuentra entre 1 000 y algo más de 5 000 msnm (Dermant, 1978).

La cuenca del río Balsas está definida por la Sierra Madre del Sur, alineada en forma paralela al Eje Neovolcánico Transversal. Las rocas del basamento provienen del Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico (Tamayo, 1962). Muchos lagos y planicies aluviales se formaron durante el Pleistoceno y, posteriormente, durante el Cuaternario, se depositaron los basaltos y calizas. Esta región se caracteriza por presentar cuencas de disolución y sierras abruptas que dan lugar a pequeños valles circunscritos por grandes elevaciones conectadas a través de cañones abruptos.

La Sierra Madre de Chiapas tipifica la región sureste la cual está separada de la cuenca del río Balsas por el Istmo de Tehuantepec. Está caracterizada por las sierras costeras y montañas del Pacífico, la cuenca central y la planicie central de Chiapas. La cuenca central de Chiapas posee muchos ríos, mientras que la planicie central presenta topografía kárstica y cuencas de disolución.

La península de Yucatán es la porción más austral de México. Es una plataforma llana y caliza proveniente del Terciario y del Cuaternario, sin drenaje superficial. El agua dulce proviene de delgadas lentes que flotan por encima del agua salada marina más densa. El agua subterránea fluye a través de extensas redes de conductos y sistemas de cuevas sumergidas originados por el descenso del nivel del mar. Esta región presenta una topografía kárstica donde las calizas, altamente solubles, fueron erosionadas antes y después de que la península estuviera sumergida en el mar Caribe, dando por resultado una gran variedad de pequeños cuerpos acuáticos conocidos localmente como "cenotes".

Finalmente, las llanuras costeras del sur del Golfo de México se construyeron durante el Cuaternario por el cúmulo de depósitos aluviales de procedencia fluvial y lacustre de los ríos Grijalva y Usumacinta (Wiebe, 1926). Los vientos alisios y un gran número de deltas de ríos parecen ser los responsables del ensanchamiento de las llanuras costeras (Ordóñez, 1946). Las cuencas lacustres del área están asociadas a la actividad de los ríos, aunque también existen algunas cuencas de disolución creadas sobre domos salinos del Jurásico.

1.4. REGIONALIZACIONES DE CARÁCTER LIMNOLÓGICO

A partir de regionalizaciones basadas en la orografía y en la fisiografía del territorio nacional, se han realizado otras de tipo limnológico. Chávez y Vilaclara (1992) y Velázquez y Ordaz (1992) dividen el Altiplano mexicano en tres áreas: las sierras y llanuras del norte, el Altiplano central, y el Eje Neovolcánico Transversal; mientras que Arredondo y Aguilar (1987) y Bassols (1977) consideran al Eje Neovolcánico Transversal como parte del Altiplano central. Existen diferencias geográficas y climáticas entre el Altiplano central y el Eje Neovolcánico Transversal, pues uno es un área llana de baja altitud y el otro, terrenos montañosos elevados. Por lo anterior, en la siguiente descripción se sigue el criterio divisorio de los primeros. En los cuadros 1.3 y 1.4 se incluyen ejemplos característicos de presas y lagos para cada región fisiográfica de México.

La península de Baja California y el noroeste de Sonora tienen la tasa de precipitación pluvial más baja del país y, consecuentemente, tienen una muy reducida disponibilidad de recursos acuáticos superficiales. A pesar de ello, en esta área desértica, hay tres lagos efímeros, con grandes fluctuaciones en área superficial y muy probablemente salinos. En Baja California existe solamente una gran presa, mientras que en Sinaloa y en la mitad sur de Sonora hay un número elevado de ellas de gran dimensión utilizadas principalmente para irrigación.

El Altiplano mexicano, se subdivide en las regiones norte y sur. Los territorios del norte, también denominados sierras y llanos del norte, son una vasta región en la que abundaron grandes lagos. Actualmente, sólo se encuentran lagos-playa someros, básicamente temporales y con amplias fluctuaciones en su superficie. En contraparte, en Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas, se han construido grandes reservorios. Las cuencas de drenaje endorreico de Chihuahua, Zacatecas, Durango y San Luis Potosí apenas albergan algunos lagos efímeros principalmente salinos, además de un elevado número de pequeños reservorios.

El Altiplano central, en la porción sur del Altiplano mexicano, es la planicie tropical más grande del mundo (Barbour, 1973). Presenta un clima semi-seco templado uniforme a lo largo de su extensión, con áreas aisladas que poseen climas desde seco hasta desértico. Debido a su precipitación media anual (400 mm), el agua es un recurso extremadamente escaso en los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato y Querétaro. El Altiplano central se caracteriza por presentar cuencas endorreicas áridas como las de los ríos Aguanaval, Nazas medio y el Grande de Santiago, entre otros. Lo seco de su ambiente, el vulcanismo activo y el relleno de cuencas con aluvión han reducido los otrora enormes lagos a pequeños lagos efímeros y someros. Debido a ello, se han construido muchas presas con diferentes capacidades.

Existen tres cuencas principales a lo largo del enorme macizo de tierras altas que constituyen el Eje Neovolcánico Transversal: la cuenca del Lerma-Santiago, la cuenca de México y la cuenca oriental. Los lagos representativos de la cuenca del Lerma-Santiago son las siete lagunas de Zempoala en Morelos, los lagos-cráter del Valle de Santiago en Guanajuato, los lagos de Jalisco y Michoacán (particularmente Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro), y los lagos-cráter de Nayarit. Asimismo, en esta zona se han construido represas artificiales de mediana a gran talla.

La cuenca de México era una cuenca endorreica ubicada en la porción más alta del Altiplano mexicano (2 240 a 2 390 msnm). Este complejo lacustre de seis lagos interconectados ocupaba una extensa área de la cuenca a la llegada de los Aztecas, en 1245. Actualmente, sólo se encuentran pequeños remanentes de aquel gran complejo, tres de los cuales son los bien conocidos lagos de Texcoco, Xochimilco y México (Alcocer y Escobar, 1990). Todo lo que queda del inmenso lago salado de Texcoco son terrenos de inundación temporal; del lago de Xochimilco, sólo permanecen algunos canales y, finalmente, el lago dulceacuícola de México está totalmente seco y cubierto por la ciudad de México (Alcocer y Escobar, 1992b). Sin embargo, todavía existen algunos lagos pequeños como Zumpango, Nabor Carrillo y Chapultepec, y la mayoría de los ríos y arroyos que drenan a la cuenca han sido represados para crear numerosos embalses alrededor de la ciudad de México.

Cuadro 1.3. Principales presas o reservorios encontrados en las distintas provincias fisiográficas de México

Región fisiográfica	*Reservorios*
Cuencas aluviales costeras del noroeste	• El Carrizo, Adolfo López Mateos, Aurelio Benassini, Eustaquio Buelna, Guillermo Blake, Gustavo Díaz Ordaz, José López Portillo, Josefa Ortiz de Domínguez, Juan Guerrero Alcocer, Luis Donaldo Colosio, Miguel Hidalgo, Sanalona, Abelardo Rodríguez, Abelardo Rodríguez Luna, Adolfo Ruiz Cortínez, Álvaro Obregón, Angostura, Cajón de Onapa, Comaquito, Cuauhtémoc, El Molinito, Emilio López Zamora, Ignacio R. Alatorre, Plutarco Elías Calles.
Altiplano mexicano: Altiplano del norte	• Amistad, Centenario, La Fragua, San Miguel, Venustiano Carranza, La Boquilla, Abraham González, Colina, Chihuahua, El Rejón, El Tintero, Francisco I. Madero, Las Lajas, Pico de Águila, Luis L. León, Agualeguas, Cerro Prieto, El Cuchillo, La Boca, Salinillas, Leobardo Reynoso, El Cazadero, Santa Rosa, El Chique, Miguel Alemán, Tayahua, Lázaro Cárdenas, Francisco Villa, Guadalupe Victoria, Benjamín Ortega, Los Naranjos, Caborca, Villa Hidalgo, Peña del Águila, Francisco Zarco, San Bartolo, San Gabriel, Santa Elena, Santiago Bayacora.
Altiplano mexicano: Altiplano central	• Endhó, La Esperanza, La Peña, Requena, Taxihmay, Vicente Aguirre, Zimapán, Boca del Tesorero, E. González Chávez, 50 Aniversario, Abelardo Rodríguez, Plutarco Elías Calles, El Niágara, Jocoque, La Codorniz, Media Luna, Potrerillos, El Palote, Ignacio Allende, La Golondrina, La Purísima, La Soledad, Mariano Abasolo, Peñuelitas, Solis, Centenario, Constitución de 1917, Jalpan, La Llave, La Venta, Madero, San Ildefonso.
Eje Neovolcánico Transversal	• Aguamilpa, Trojes, Basilio Badillo, Cajón de Peña, Coatepec, Cuquio, Chila, El Cuarenta, El Estrigón, El Llano, El Trigo, El Tule, El Volantín, Hurtado, La Colonia, La Pólvora, La Red, La Vega, Las Quemadas, Palo Verde, Rigomil, San Andrés, Santa Rosa, Santa Rosalía, Tacotán, Tenasco, Vicente C. Villaseñor, Agostitlán, Aristeo Mercado, Constitución de Apatzingán, Copándaro de los Corrales, De Gonzalo, Del Bosque, Guaracha, Antonio R.L., Jaripo, Jose María Morelos, Los Olivos, Malpaís, Melchor Ocampo, Pucuato, Sabaneta, San Juanito, Tepuxtepec, Tercer Mundo, Urepetiro, Zicuirán, Danxho, Ignacio Ramírez, Guadalupe, Madín, Huapango, José Antonio Alzate, José Fabela, La Concepción, Molino, Macua, Ñado, Tepetitlán, Valle de Bravo, Villa Victoria, El Rodeo, La Laguna, La Soledad, Los Reyes, Manuel Ávila Camacho, Necaxa, Nexapa, Tenango, José Atlanga.
Cuenca del río Balsas	• El Caracol, Andrés Figueroa, El Pejo, La Calera, Revolución Mexicana, Valerio Trujano, Vicente Guerrero, El Infiernillo, La Villita.
Sureste	• La Angostura, Netzahualcóyotl, Chicoasén, Peñitas, Benito Juárez, Miguel de la Madrid, Presidente Alemán.
Península de Yucatán	• No hay reservorios en esta área.
Planicies costeras del Golfo de México	• Estudiante Ramiro C., Falcón, Marte R. Gómez, Pedro José Méndez, República Española, Emilio Portes Gil, San Ricardo, Vicente Guerrero, La Cangrejera, Miradores, Paso de Piedra.

Cuadro 1.4. Principales lagos encontrados en las distintas provincias fisiográficas de México

Región fisiográfica	*Lagos*
Cuencas aluviales costeras del noroeste	• Salada, Los Volcanes, San Ignacio.
Altiplano mexicano: Altiplano del norte	• Babícora, Bustillos, Encinillas,33 Seca, Fierro, Redonda, Colorada, Victorio, Las Lajas, La Estacada, Palomas, El Milagro, Santa María, Guzmán, Mayrán, Fraile, de Los Mexicanos, El Remolino, Las Arenosas, El Gigante, El Cuervo, Chancaplea, El Guaje, Colorada, Cerro Solo, El Rey, El Coyote, El Zorrillo, La Leche, Salinas, Salinillas, El Negro, La Llorona, Palito Blanco, La Escondida, San Juan de Ahorcados, Santa Clara, La Mancha, Santiaguillo, El Tule, Las Salinas de Hidalgo.
Altiplano mexicano: Altiplano central	• Pequeños lagos sin nombre, someros y efímeros.
Eje Volcánico Transversal	• Zempoala, Compila, Tonatihua, Prieta, Seca, Quila, Hueyapán, La Alberca, Cintora, Rincón de Parangueo, San Nicolás, Chapala, Atotonilco, San Marcos, San Miguel, Sayula, Zapotitlán, Zacoalco, La Vega, Hurtado, Cajititlán, Santa María del Oro, San Pedro Lagunillas, Juanacatlán, Cuitzeo, Pátzcuaro, Zirahuén, Zumpango, Texcoco, Xochimilco, Alchichica, Atexcac, La Preciosa, Quechulac, Aljojuca, Tecuitlapa, Totolcingo, Tepeyahualco.
Cuenca del río Balsas	• Tequesquitengo, Coatetelco, Tuxpan.
Sureste	• Lagunas de Montebello, Catazajá, Miramar, Lacanjá, Ocotal, Chinchil, Saquila, Bushina, El Caracol.
Península de Yucatán	• Chunyaxché, Nohbec, Ocum, Paytoro, La Virtud, San Felipe, San José Aguilar, Chichancanab, Esmeralda.
Planicies costeras del Golfo de México	• Pajarillos, Lagarto, Mezcalapa, Catemaco, Del Corte, Silvinic, Salsipuedes, El Toro, Noha, Pom, Atasta, El Vapor, El Este, El Rosario, Cantemual, Los Mesías, Guanal, Canitzán, Horizonte, Concepción, Chichicastle, San Pedrito, El Viento, Maluco.

La cuenca oriental está localizada al oriente del Altiplano mexicano, en la colindancia de los estados de Puebla, Tlaxcala y una pequeña porción de Veracruz. Esta cuenca, de aproximadamente 5 000 km^2, está conformada por corrientes temporales, seis lagos-cráter y dos lagos-playa. Uno de estos lagos-playa (Tepeyahualco), se encuentra seco en la actualidad y algunas porciones están dedicadas a la agricultura. El otro, Totolcingo o El Carmen, es ahora un lago de llenado episódico. Debido a que la mayor parte de la cuenca está dedicada a la actividad agrícola y, en menor medida, a la ganadera, las represas son una característica común del paisaje semiárido de Puebla y Tlaxcala.

A pesar de que la mayor parte del río Balsas y sus tributarios fluyen a través de valles intermontanos y cañones de la Sierra Madre del Sur, no existen cuencas lacustres de importancia en el área. Una gran parte de la zona tiene abundantes recursos lóticos como ríos y arroyos, manantiales, pero pocos lagos y presas. Existen algunos ejemplos de lagos de disolución (Aguilar, 1990; Fries, 1960; Tamayo, 1962), y uno de los sistemas hidroeléctricos más importantes del país está formado por las presas El Infiernillo, El Caracol y La Villita.

El área del sureste corresponde mayoritariamente a Chiapas y a una pequeña porción de Oaxaca. Chiapas presenta lagos de disolución y lagos asociados a la actividad fluvial algunos de los cuales originaron extensas áreas de inundación someras. En Chiapas y Oaxaca existe una

gran cantidad de reservorios, además de dos de las presas más grandes del país: La Angostura y Netzahualcóyotl.

A pesar de que la mayor proporción de la península de Yucatán carece de drenaje superficial, existen algunos lagos e innumerables lagos de disolución, llamados comúnmente cenotes, se presentan prácticamente en toda la península. Debido a la carencia de ríos, no existen presas en esta región.

A lo largo de las planicies costeras del sur del Golfo de México desembocan los ríos mexicanos más importantes: el Papaloapan (sur de Veracruz), el Grijalva (Tabasco-Veracruz-Chiapas) y el Usumacinta (Campeche-Tabasco-Chiapas). Existen muchos lagos sin nombre que están asociados a estos extensos sistemas de ríos, aunque también existen algunos lagos de disolución. El lago de Catemaco no tiene el mismo origen que los otros lagos del área; al parecer, se originó por una colada de lava que represó un río que atravesaba un valle intermontano. En Campeche existen algunos lagos grandes, y en Veracruz y en Tabasco la construcción de presas no ha sido una labor especialmente activa debido a la elevada disponibilidad de agua. Todas estas regionalizaciones están basadas en criterios fisiográficos aunados a otros criterios específicos dependiendo de los objetivos de estudio o de las necesidades para las cuales fueron creados.

2. REGIONALIZACIÓN DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO)

Verónica Aguilar, Laura Arriaga, Javier Alcocer,
Ella Vázquez-Domínguez y Claudia Aguilar

2.1. ANTECEDENTES

En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) tiene como función coordinar, apoyar y promover acciones relacionadas con el conocimiento y uso de la diversidad biológica mediante actividades orientadas hacia su conservación y manejo sostenible. En octubre de 1997, la Conabio inició el programa Regiones Prioritarias Marinas y Limnológicas de México con el objetivo de desarrollar un marco de referencia para contribuir a la conservación y el manejo sostenido de los ambientes oceánicos, costeros y de aguas epicontinentales, el cual consideró los sitios de mayor biodiversidad y los de uso actual o potencial en el país. Este programa forma parte de una serie de estrategias instrumentadas por la Conabio para la promoción nacional del conocimiento y la conservación de la biodiversidad de México.

Como parte de dicho programa, se realizaron dos talleres interdisciplinarios sobre regiones marinas prioritarias de México, del 19 al 22 de enero y del 9 al 11 de marzo de 1998, con la finalidad de desarrollar un marco de referencia para contribuir a la planificación, conservación y manejo sustentable de los ambientes costeros y oceánicos de México considerando los sitios de mayor biodiversidad y el uso actual y potencial de los recursos. En estos talleres, se identificaron 70 áreas marinas prioritarias, las cuales fueron ubicadas en un mapa nacional a escala 1:4 000 000 y se elaboraron fichas técnicas para cada provincia costera y oceánica y para cada área prioritaria identificada con información de tipo geográfico, climatológico, geológico, oceanográfico y biológico, así como relativa al uso de los recursos, aspectos económicos y problemáticas de conservación y uso (Arriaga *et al.*, 1998).

Con respecto a las aguas epicontinentales, existe una preocupación creciente sobre el mantenimiento de estos ecosistemas y los riesgos que enfrentan muchas especies en relación con la pérdida de hábitats (degradación, cambios en la calidad y fragmentación), la sobrexplotación y la introducción de especies exóticas. El hecho de que haya muchas especies en franca declinación o enfrentando la extinción en los pocos países en donde se cuenta con un conocimien-

to de campo razonable, justifica la preocupación real por el estado de la biodiversidad de las aguas epicontinentales. A pesar de que el hombre siempre ha hecho uso de los sistemas dulceacuícolas y sus especies, es alarmante que en los últimos 200 años, a raíz de la Revolución Industrial, el rápido desarrollo económico y el crecimiento poblacional acelerado, las actividades humanas hayan generado transformaciones sin precedente en estos ecosistemas.

En este sentido, y bajo el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD, 1992), la Conabio está trabajando en la elaboración de un diagnóstico de los recursos naturales de México, su conservación y uso sustentable para el establecimiento de principios rectores y lineamientos generales en una Estategia Nacional de Biodiversidad que sirva como guía a los diferentes sectores con el objetivo común de conservar y utilizar racionalmente el patrimonio biológico de México.

Es así como surge la necesidad de revisar el estatus de la información sobre la diversidad y el valor biológico de las cuencas hidrológicas, además de evaluar las amenazas directas e indirectas sobre sus recursos y el potencial para su conservación y manejo adecuado. Para esto, se realizaron dos talleres interdisciplinarios sobre regiones hidrológicas prioritarias y biodiversidad de México en abril y mayo de 1998, con la participación de especialistas y personal de la Conabio.

2.2. OBJETIVOS

Objetivo general

Obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país, considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación, uso y manejo.

Objetivos particulares

a) Identificar la riqueza biológica y el grado de conocimiento biológico general o de carencia de información sobre las principales cuencas o subcuencas del país.

b) Analizar la información biológica bajo los contextos social y económico para identificar los impactos negativos sobre la biodiversidad como consecuencia de las actividades de uso actuales y potenciales y de los conflictos intersectoriales por el uso del recurso hídrico.

c) Con esta información, proponer una regionalización en la cual se consensuen las regiones prioritarias por su biodiversidad, ya sean cuencas, subcuencas o cuerpos de agua.

2.3. DESARROLLO Y MÉTODO

En primer término y para fines exclusivos del taller, se definieron seis regiones de trabajo con base en la última regionalización administrativa establecida por la CNA (Semarnap, 1996a), la cual consta de 13 regiones basadas en criterios hidrológicos. Las regiones de trabajo se presentan en la figura 2.1.

2.3.1. OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información y el material utilizados para el desarrollo de los talleres, así como las actividades realizadas en los mismos, fueron los siguientes:

a) Revisión y validación de las bases de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Conabio que incluye información taxonómica y geográfica de la distribución de especímenes de diversos grupos de invertebrados y vertebrados asociados a cuerpos

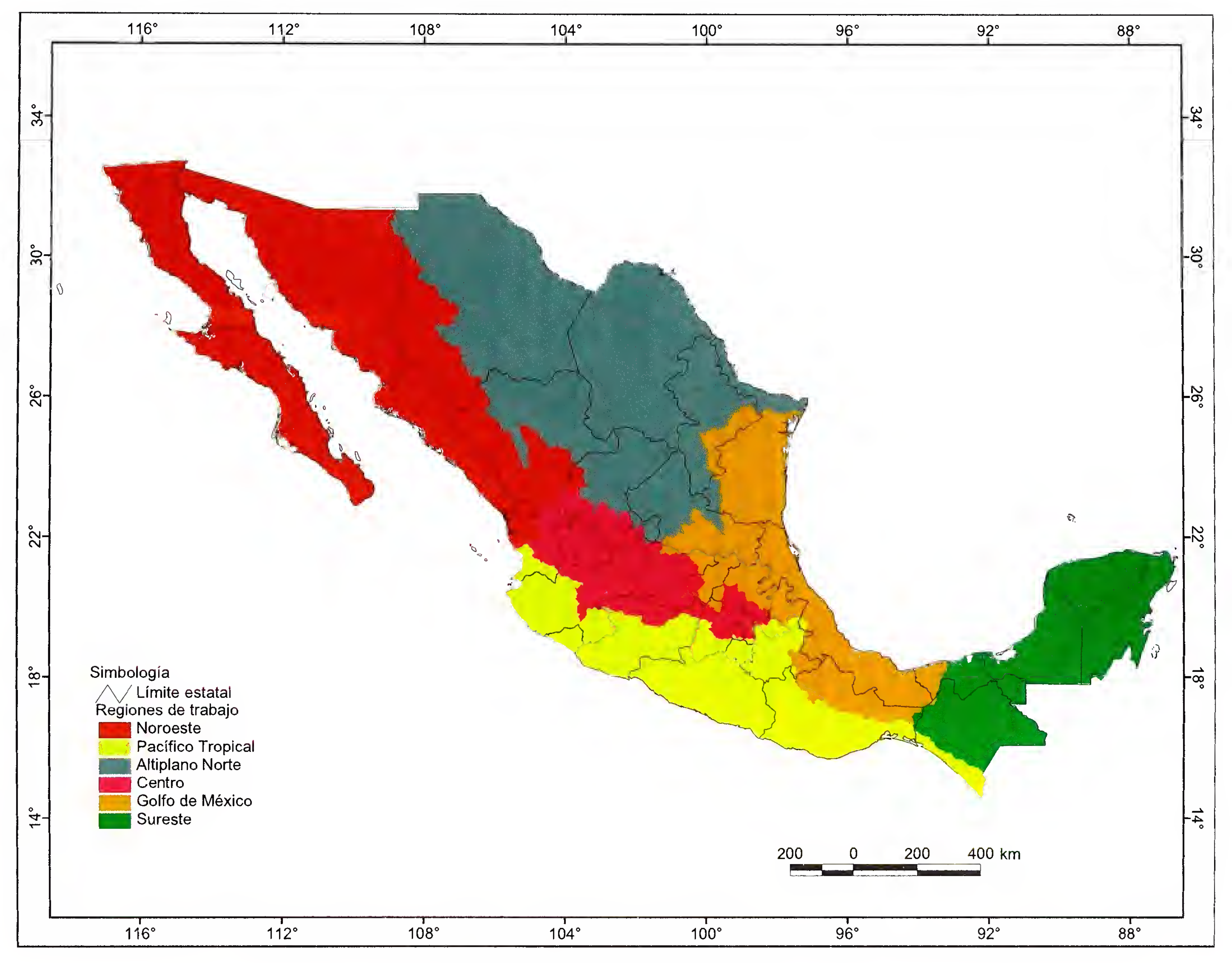


Figura 2.1. Regiones de trabajo

de agua epicontinentales: vegetación (macrofitas, manglares, algas y fitoplancton), invertebrados (moluscos, crustáceos y rotíferos) y vertebrados (peces, anfibios, aves y mamíferos).

b) Revisión y elaboración de cartografía temática. Las escalas fueron seleccionadas en función de la disponibilidad y temática de la información y para fines de manejo dentro del taller. La cartografía empleada fue la siguiente:

- Regiones Hidrológicas Administrativas (CNA, 1998a).
- Regiones de trabajo en las que se agruparon las regiones hidrológicas administrativas de la CNA.
- Ampliación de las seis regiones de trabajo, a escalas 1:2 000 000 y 1:2 500 000.
- Subcuencas Hidrológicas, a escala 1:1 000 000 (SRH, 1970).
- Hidrografía e Hidrometría, Atlas Nacional de México, a escala 1:4 000 000 (Maderey y Torres-Ruata, 1990).
- Áreas Naturales Protegidas, Unidad Coordinadora de Áreas Naturales Protegidas, a escala 1:4 000 000 (INE, 1999a).
- División Política Estatal, Atlas Nacional de México, a escala 1:4 000 000 (INEGI-IG, 1990).
- Climas, a escala 1:1 000 000 (García, E. y Conabio, 1998).
- Regiones Terrestres Prioritarias de México, a escala 1:4 000 000 (Conabio, 1996).
- Regiones Prioritarias Marinas, a escala 1:4 000 000 (Conabio, 1998a).
- Distribución de diferentes grupos de plantas acuáticas, invertebrados (rotíferos, moluscos y crustáceos) y vertebrados (peces, anfibios, aves y mamíferos), de acuerdo con la información contenida en las bases de datos del SNIB de la Conabio, a escala 1:4 000 000.

c) Elaboración de una ficha técnica para cada una de las regiones, con información general, caracterización limnológica básica y aspectos climáticos, geológico-edáficos, biológicos, antropogénicos y económicos (anexo 1), así como los criterios de evaluación y un cuestionario sobre las oportunidades para las actividades de conservación.

d) Determinación del patrón de uso, amenazas, alta biodiversidad y falta de conocimiento para cada una de las áreas prioritarias, lo cual se obtuvo mediante un análisis de conglomerados (CSS Statistica v. 4.3, 1984-1994) considerando los valores indicados para cada criterio de evaluación. Estos valores permitieron agrupar estadísticamente las áreas de acuerdo con su evaluación (ver criterios de evaluación).

2.3.2. DEFINICIÓN DE REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La identificación y validación por consenso de las regiones hidrológicas prioritarias se realizó en función de su biodiversidad, entendiendo por ésta la variabilidad de organismos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los cuales forman parte; comprende también, la diversidad dentro de cada especie y entre las especies.

La unidad de análisis utilizada en este estudio es la cuenca hidrológica (superficie del terreno cuyas topografía y geología hacen que el agua drene a un punto común), definida como el área mínima de delimitación natural indispensable para instrumentar una aproximación ecosistémica en el análisis, planeación, manejo y uso sustentable de los recursos hidrológicos epicontinentales.

Regiones de alta biodiversidad

Una región hidrológica de alta biodiversidad es un área (cuenca, subcuenca, parte alta, media o baja de la misma o cuerpo de agua individual) cuyos recursos son actual o potencialmente con-

servables y en donde ocurren o pueden ocurrir impactos negativos como consecuencia de las diferentes actividades de uso o explotación de sus recursos por los sectores público, privado o independiente.

Regiones de uso por sectores

Las regiones de uso corresponden a aquellas áreas donde se realizan diferentes actividades de aprovechamiento de los recursos, sean intensivas o extensivas. Estas áreas pueden coincidir con algunas de las áreas de biodiversidad. Si no existe coincidencia, no hay conflicto de uso. También se identificaron regiones cuya biodiversidad enfrenta algún tipo de amenaza, en las cuales pueden ocurrir impactos negativos por el uso o la explotación de los recursos por los sectores público o privado.

Regiones con falta de información

Estas regiones se identificaron como áreas biológicamente importantes para las cuales no existe información científica suficiente sobre su biodiversidad. Es importante señalar que, en general, se requiere información para todas la regiones, no sólo de su flora y fauna, sino también de sus ecosistemas, aspectos ecológicos y recursos hídricos.

Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación permitieron asignar valores a las áreas identificadas como prioritarias en función de aspectos ambientales, económicos y de amenazas. Para ello, se asignó un valor único a cada una de las áreas con respecto a cada uno de los criterios, justificando la asignación de dichos valores.

Los valores descriptivos usados fueron los siguientes:

NC	no se conoce	(= 0)	o	NC	no se conoce	(= 0)
B	bajo	(= 1)		PI	poco importante	(= 1)
M	medio	(= 2)		I	importante	(= 2)
A	alto	(= 3)		MI	muy importante	(= 3)

Valor ambiental (biótico y abiótico)

1. Integridad ecológica (funcional): se relaciona con el estado del hábitat (calidad); evalúa qué tan cercanas a su estado natural están las características funcionales de éste. Una alta integridad indica que el hábitat presenta sus características funcionales en estado natural. Valores: NC, B, M, A.

2. Hábitats: evalúa cualitativamente la diversidad de hábitats representados en el área, es decir, si en un mismo sitio están representados varios tipos de hábitats (lago, reservorio, cuerpos acuáticos someros, ríos, arroyos, lagos salinos, lagunas, humedales, u otros). Valores: NC, B, M, A.

3. Endemismo: presencia de especies endémicas del país. Se indican las especies. Valores: NC, B, M, A.

4. Especies amenazadas: evalúa la presencia de especies que presentan alguna amenaza. Se indican las especies y el agente de amenaza. Valores: NC, B, M, A.

5. Especies indicadoras: evalúa diferentes características de las especies en el área (distribución, abundancia, rareza), que permiten utilizarlas como indicadoras del estado natural del ecosistema. Se señalan las especies. Valores: NC, B, M, A.

Valor económico

6. Especies de importancia comercial: evalúa la presencia de especies comerciales como medida de la importancia económica de la región. Se indican las especies en el orden de su importancia. Valores: NC, B, M, A.

7. Importancia económica por sectores: evalúa la importancia de la zona por la presencia de actividades realizadas por sectores como el petrolero, pesquero, industrial, minero, de transporte u otros. Se listan en orden de importancia. Valores: NC, B, M, A.

8. Recursos estratégicos: evalúa la importancia de la zona en función de la presencia de recursos económicamente estratégicos como gas, petróleo, geotérmicos u otros. Se listan también en orden de importancia. Valores: NC, PI, I, MI.

9. Importancia por servicios: evalúa la importancia de la zona según los servicios, tanto ambientales (control de inundaciones, depuradores de agua, regulación climática y otros) como específicos (abastecimiento de agua, riego, acuicultura, generación de energía eléctrica u otros), que puedan obtenerse de ella. Se enlistan en orden de importancia. Valores: NC, PI, I, MI.

Riesgo y amenaza

10. Modificación del entorno: se ejemplifica por actividades que reducen el aporte de agua epicontinental, como la alteración de cuencas o la construcción de presas, y otras como la tala de árboles, desecación o relleno de áreas inundables, deforestación, modificación de la vegetación natural (promueve la erosión e incrementa el aporte de sedimentos), formación de canales y obras de ingeniería (construcción de caminos, carreteras u otros). Se mencionan en orden de importancia. Valores: NC, B, M, A.

11. Contaminación: evalúa la presencia de energía, sustancias u organismos contaminantes en la zona. Los agentes que alteran la calidad del agua pueden ser directos o indirectos, entre ellos se encuentran desechos sólidos como basura, aguas residuales domésticas e industriales, petróleo y sus derivados, agroquímicos, fertilizantes, residuos industriales, descargas termales y salobres provenientes de plantas termo e hidroeléctricas, y la presencia de industria generadora de gases atmosféricos que inducen la lluvia ácida. Están enlistados en orden de importancia. Valores: NC, B, M, A.

12. Concentración de especies en riesgo: puede reflejar el grado de amenaza o deterioro al que está sometida una región en particular. Las especie(s) o grupo(s) taxonómico(s) se mencionan en orden de importancia. Valores: NC, B, M, A.

13. Especies introducidas o exóticas: evalúa la presencia de especies introducidas en los diferentes hábitats como medida del impacto negativo que ocasionan, por ejemplo el desplazamiento de especies nativas. Se indican las especies. Valores: NC, PI, I, MI.

14. Prácticas de manejo inadecuado: evalúa la práctica de actividades no compatibles con la conservación, como el uso de explosivos, la violación de vedas y tallas mínimas de extracción, la utilización de venenos y trampas no selectivos, la pesca ilegal u otros. Tales actividades se listan en orden de importancia. Valores: NC, B, M, A.

Cuestionario sobre las oportunidades para las actividades de conservación

El objetivo de este cuestionario fue rastrear las principales necesidades ambientales y de conservación para cada una de las regiones hidrológicas identificadas, así como la identificación de falta de información científica y de las principales instituciones de investigación que realizan estudios en ellas. A continuación se presenta el cuestionario aplicado.

1. Considerando el estado de conservación de la zona identificada, ¿cuáles serían las principales preocupaciones ambientales y necesidades de conservación en la misma? Enlistar de manera concreta.

2. Identificación de los principales "huecos" en el conocimiento limnológico, necesidades y prioridades en la zona. Enlistar de manera concreta.

3. Principales instituciones de educación superior o institutos relacionados con la limnología en la zona; facilidades de entrenamiento limnológico y expertos en el tema.

2.3.3. TALLERES

Primer Taller

El primer taller se llevó al cabo del 20 al 23 de abril de 1998, con la participación de un consultor, 32 especialistas y personal de la Conabio. En un inicio, los investigadores participantes se organizaron en cinco mesas de trabajo de acuerdo con las diferentes áreas de especialidad: vegetación acuática (manglares, macrófitas y algas); cordados (peces, anfibios, aves y mamíferos); invertebrados (insectos, crustáceos y moluscos); hidrografía (cuencas, aguas superficiales y tecnología hidráulica y ambiental), y contaminación (calidad del agua y saneamiento).

Cada mesa contó con un mapa base impreso en papel de las seis regiones de trabajo y mapas en acetato de las cuencas, subcuencas, hidrografía, división política, áreas terrestres prioritarias, áreas marinas prioritarias, áreas naturales protegidas federales y estatales, clima y distribución de los diferentes grupos biológicos. De esta manera, los mapas podían ser sobrepuestos al mapa base, facilitando así las primeras delimitaciones de regiones prioritarias. Al finalizar el día, un investigador de cada mesa expuso las áreas identificadas en la misma y los criterios utilizados para dicha selección.

Posteriormente, las mesas se organizaron para cada una de las seis regiones de trabajo. El mapa base correspondió a una ampliación de cada provincia impresa en papel, donde se incluyeron las regiones prioritarias identificadas el primer día. Estuvieron disponibles también mapas temáticos impresos en acetato, de los diferentes grupos biológicos (plantas acuáticas, moluscos, crustáceos, rotíferos, peces, anfibios, aves y mamíferos), de las subcuencas y la hidrografía correspondientes a cada una de las regiones.

El trabajo de cada grupo consistió en continuar con la identificación y validación de las regiones consideradas como prioritarias sobre el mapa base. Asimismo, se elaboró una ficha técnica para cada región consensuada, con información de tipo hidrográfico, limnológico, climático, geológico/edáfico y biótico. Con respecto a los criterios de evaluación, cabe mencionar su carácter cualitativo y jerarquizado y su relación con los valores biológico, ambiental, económico y de amenazas de cada región. Como ya se mencionó, los investigadores asignaron un valor único a cada una de las regiones respecto de cada uno de los criterios, indicando las diferentes razones por las que asignaron dichos valores.

Se respondió también el cuestionario sobre oportunidades para las actividades de conservación para cada una de las regiones.

Segundo Taller

El segundo taller se llevó al cabo los días 25 y 26 de mayo de 1998, con la participación de un consultor, 16 especialistas y personal de la Conabio. Este segundo taller tuvo como objetivos complementar y validar la información generada en el primer taller con la adición de especialistas en fito y zooplancton, así como de expertos en zonas áridas cuyas áreas de trabajo específicas son las regiones Noroeste y Altiplano norte.

La mesa con especialistas en fito y zooplancton contó con un mapa base impreso en papel de las seis regiones de trabajo y las regiones hidrológicas prioritarias definidas en el primer taller, así como mapas en acetato de las cuencas, subcuencas, hidrografía, división política, áreas terrestres prioritarias, áreas marinas prioritarias, áreas naturales protegidas federales y estatales,

clima y distribución de los diferentes grupos biológicos. Así, al sobreponer los acetatos al mapa base, las regiones previamente identificadas pudieron ser validadas y, en caso necesario, nuevas regiones prioritarias de biodiversidad pudieron ser definidas.

Las mesas con especialistas en las regiones Noroeste y Altiplano norte contaron con mapas base amplificados de sus regiones respectivas, incluidas las regiones hidrológicas prioritarias identificadas en el primer taller, para su validación y redefinición, en caso de considerarlo pertinente.

Al finalizar el taller, se procedió a hacer una exposición de los motivos y criterios utilizados en la modificación e incorporación de nuevas regiones, así como a la elaboración de las fichas técnicas correspondientes.

2.4. RESULTADOS

El resultado final fue una lista con 110 regiones hidrológicas prioritarias (cuadros 2.1 – 2.6) y el mapa correspondiente, a escala 1:4 000 000 (figura 2.2), que también se encuentra en la tercera de forros. La determinación del patrón de uso en las diferentes áreas prioritarias (cuadros 2.1 – 2.6), a través de un análisis de conglomerados, dio como resultado 75 áreas de alta biodiversidad (figura 7.1) y 82 áreas de uso por sectores (figura 13.1), de las cuales 75 presentaron algún tipo de amenaza (figura 13.2). Finalmente, también se identificaron 29 áreas biológicamente importantes pero para las cuales no se cuenta con información científica suficiente (figura 15.1).

Se elaboraron fichas técnicas para cada región hidrológica prioritaria identificada (anexo 1). Éstas contienen información general de tipo limnológico, geológico/edáfico, recursos hídricos y biodiversidad, así como de uso de los recursos, aspectos económicos y problemáticas de conservación y uso (véase inciso 2.5). Cada una de las fichas es el resultado de la información recopilada durante los talleres y de información bibliográfica recomendada por los expertos que participaron en los mismos. Por esta razón, las fichas no representan una revisión exhaustiva sobre el tema, y pueden presentar diferencias de contenido.

En los cuadros 2.1 – 2.6 se listan, por regiones de trabajo, las regiones hidrológicas prioritarias y su estatus (AAB = áreas de alta biodiversidad; AU = áreas de uso por sectores; AA = áreas que presentan algún tipo de amenaza; AD = áreas de desconocimiento científico).

Para la región Noroeste (cuadro 2.1), se identificaron 22 regiones prioritarias que corresponden a 20% del total; de éstas, 15 están consideradas áreas de alta biodiversidad, 16 son áreas de uso por los diferentes sectores, 11 están amenazadas y 6 requieren de mayor información científica.

Para la región Pacífico tropical (cuadro 2.2), se identificaron 10 regiones prioritarias que corresponden a 9% del total, de las cuales 8 están consideradas áreas de alta biodiversidad y a su vez son áreas de uso por los diferentes sectores, 8 están amenazadas y sólo una requiere de mayor información científica.

En la región Altiplano norte (cuadro 2.3) se identificaron 22 regiones prioritarias que corresponden a 20% del total; 15 de ellas están consideradas áreas de alta biodiversidad, 20 son áreas de uso por los diferentes sectores, 20 están amenazadas y 7 requieren de mayor información científica.

Con respecto a la región Centro (cuadro 2.4), fueron identificadas 16 regiones prioritarias que corresponden a 15% del total; 9 de éstas están consideradas áreas de alta biodiversidad, 12 son áreas de uso por los diferentes sectores, 10 están amenazadas y 2 requieren de mayor información científica.

Para la región Golfo de México (cuadro 2.5), se identificaron 13 regiones prioritarias que corresponden a 12% del total, de las cuales 11 están consideradas áreas de alta biodiversidad, 9 son áreas de uso por los diferentes sectores, 10 están amenazadas y 2 requieren de mayor información científica.

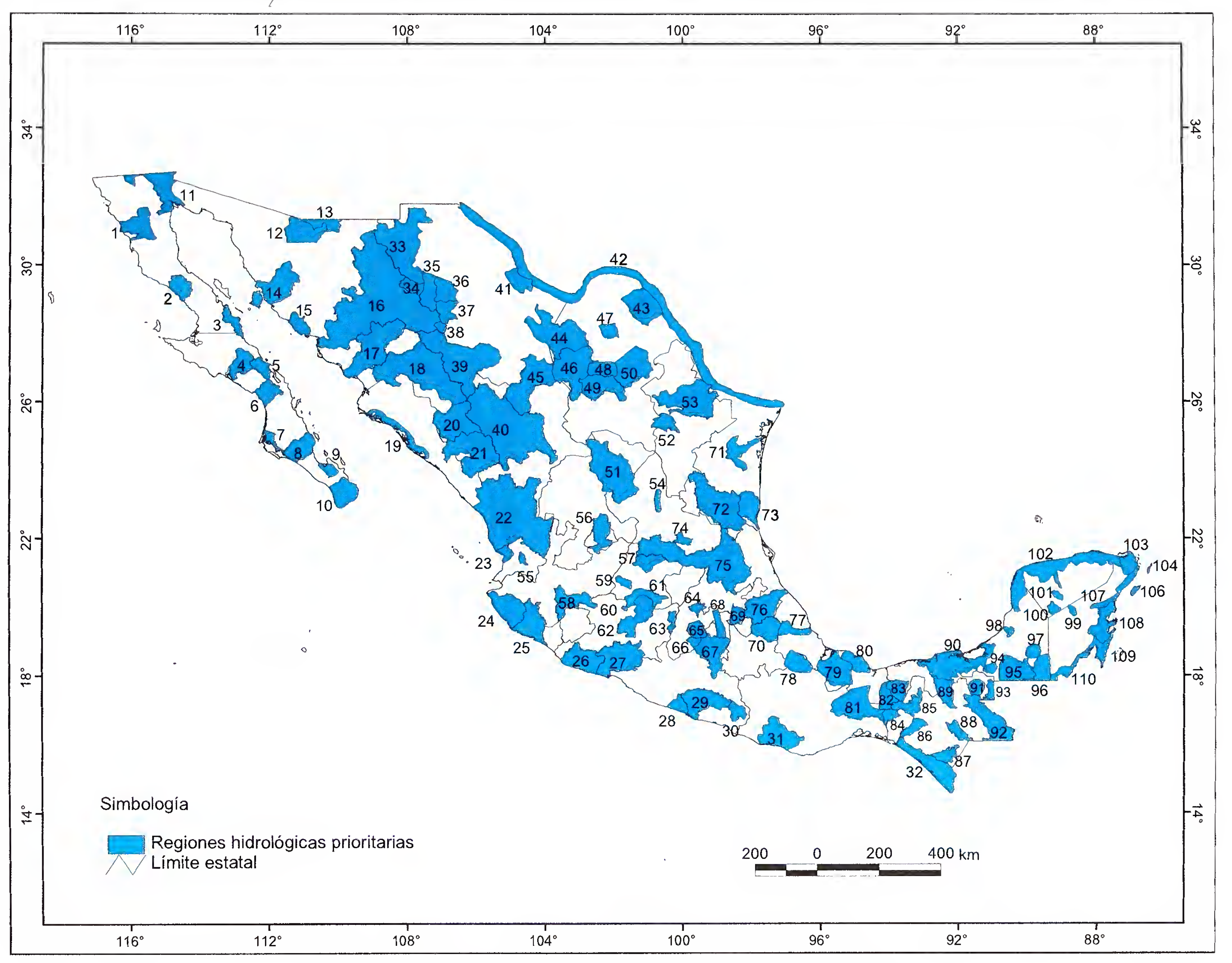


Figura 2.2. Regiones hidrológicas prioritarias (Conabio, 1998b)

Cuadro 2.1. Regiones hidrológicas prioritarias de la región Noroeste

IdRegión	*Regiones hidrológicas prioritarias*	*AAB*	*AU*	*AA*	*AD*
1	San Pedro Mártir	×	×		
2	Ríos estacionales de Baja California-Cataviña				×
3	Sierra de la Libertad		×	×	×
4	Sierra de San Francisquito-Oasis San Ignacio	×	×		
5	Mulegé-Santa Rosalía				×
6	La Purísima	×			
7	Bahía Magdalena		×		
8	Oasis San Pedro de la Presa-El Pilar-Las Pocitas	×	×		
9	Sierra del Novillo-La Paz		×		
10	Sierra de La Laguna y oasis aledaños	×	×		
11	Delta del río Colorado	×	×	×	
12	Subcuenca del río Asunción				×
13	Subcuencas de los ríos San Pedro y Santa Cruz	×	×	×	
14	Isla Tiburón-Río Bacoachi			×	×
15	Cajón del Diablo	×		×	
16	Río Yaqui-Cascada Basaseachic	×	×	×	
17	Río Mayo	×	×	×	
18	Cuenca alta del río Fuerte	×	×	×	
19	Bahía de Ohuira-Ensenada del Pabellón	×	×	×	
20	Cuenca alta de los ríos Culiacán y Humaya	×	×	×	
21	Cuenca alta del río San Lorenzo-Minas de Piaxtla	×	×		×
22	Río Baluarte-Marismas Nacionales	×	×	×	

Cuadro 2.2. Regiones hidrológicas prioritarias de la región Pacífico tropical

IdRegión	*Regiones hidrológicas prioritarias*	*AAB*	*AU*	*AA*	*AD*
23	San Blás-La Tovara	×	×	×	
24	Cajón de Peñas-Chamela	×	×	×	
25	Río Purificación-Manantlán	×	×	×	
26	Ríos Coalcomán y Nexpa	×	×		
27	Cuenca baja del río Balsas	×	×	×	
28	Río Atoyac-Laguna de Coyuca	×	×	×	
29	Río Papagayo-Acapulco	×	×	×	
30	Cuenca alta del río Ometepec				×
31	Río Verde-Laguna de Chacahua			×	
32	Soconusco	×	×	×	

En cuanto a la región Sureste (cuadro 2.6), se identificaron 27 regiones prioritarias que corresponden a 25% del total; de éstas, 17 están consideradas áreas de alta biodiversidad, 17 son áreas de uso por los diferentes sectores, 16 están amenazadas y 11 requieren de mayor información científica.

Cuadro 2.3. Regiones hidrológicas prioritarias de la región Altiplano norte

IdRegión	*Regiones hidrológicas prioritarias*	*AAB*	*AU*	*AA*	*AD*
33	Samalayuca	×	×	×	
34	Lago Babícora	×	×	×	
35	Cuenca alta del río Sta. María	×	×	×	
36	Cuenca alta del río del Carmen	×	×	×	
37	Lago Bustillos	×	×	×	
38	Lago Los Mexicanos	×	×	×	
39	Cuenca alta del río Conchos	×	×	×	
40	Río Nazas	×	×	×	
41	Cuenca baja del río Conchos	×	×	×	
42	Río Bravo Internacional	×	×	×	
43	Río Bravo-Piedras Negras	×			×
44	El Guaje		×	×	×
45	La India		×	×	×
46	El Rey		×	×	×
47	Sierra de Santa Rosa		×		×
48	Cuatro Ciénegas	×	×	×	
49	Valle Hundido		×	×	×
50	Río Salado de los Nadadores	×	×	×	
51	Camacho-Gruñidora		×	×	
52	Cumbres de Monterrey	×	×	×	
53	Ríos San Juan y Pesquería	×	×	×	
54	Venado-Moctezuma			×	×

Cuadro 2.4. Regiones hidrológicas prioritarias de la región Centro

IdRegión	*Regiones hidrológicas prioritarias*	*AAB*	*AU*	*AA*	*AD*
55	Lagos-cráter de Nayarit		×		
56	Valle de Aguascalientes-Río Calvillo	×	×	×	
57	Cabecera del río de la Laja	×			
58	Chapala-Cajititlán-Sayula	×	×	×	
59	Presas río Turbio			×	
60	Zacapu	×	×		
61	Lagos-cráter del Valle de Santiago				×
62	Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas	×	×	×	
63	Los Azufres	×	×		
64	Humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca	×			
65	Cabecera del río Lerma	×	×	×	
66	Lagos-cráter del Nevado de Toluca		×	×	
67	Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	×	×	×	
68	Remanentes del complejo lacustre de la cuenca de México		×	×	
69	Llanos de Apan		×	×	×
70	Cuenca oriental		×	×	

Cuadro 2.5. Regiones hidrológicas prioritarias de la región Golfo de México

IdRegión	*Regiones hidrológicas prioritarias*	*AAB*	*AU*	*AA*	*AD*
71	Río San Fernando	×	×		
72	Río Tamesí	×		×	
73	Cenotes de Aldama		×		
74	Lago de la Media Luna	×	×	×	
75	Confluencia de las Huastecas	×		×	
76	Río Tecolutla	×	×	×	
77	Río La Antigua	×			
78	Presa Miguel Alemán-Cerro de Oro		×	×	
79	Humedales del Papaloapan, San Vicente y San Juan	×		×	
80	Los Tuxtlas	×	×	×	
81	Cuenca media y alta del río Coatzacoalcos	×	×	×	×
82	Cuenca media y alta del río Uxpanapa	×	×	×	×
83	Cabecera del río Tonalá	×	×	×	

Cuadro 2.6. Regiones hidrológicas prioritarias del Sureste

IdRegión	*Regiones hidrológicas prioritarias*	*AAB*	*AU*	*AA*	*AD*
84	Chimalapas	×			×
85	Malpaso-Pichucalco	×		×	×
86	La Sepultura-Suchiapa	×	×		×
87	Motozintla	×			×
88	Comitán-Lagunas de Montebello	×			
89	Río Tulijá-Altos de Chiapas	×			
90	Laguna de Términos-Pantanos de Centla	×	×	×	
91	Balancán		×	×	×
92	Río Lacantún y tributarios	×	×	×	
93	Río San Pedro		×		×
94	Cabecera del río Candelaria				×
95	Sur de Campeche	×	×	×	
96	Calakmul	×		×	
97	Cabecera del río Champotón				×
98	Boca del río Champotón		×	×	
99	Laguna Chichancanab	×		×	×
100	Cono Sur-Peto		×		×
101	Zona citrícola		×	×	×
102	Anillo de cenotes	×	×	×	
103	Contoy	×		×	
104	Isla Mujeres		×		
105	Corredor Cancún-Tulum	×	×	×	
106	Cozumel		×		
107	Cenotes Tulum-Cobá	×	×	×	
108	Sian Ka'an	×	×	×	
109	Humedales y lagunas de la bahía de Chetumal	×	×	×	
110	Río Hondo		×	×	

2.5. FICHAS TÉCNICAS DE LAS REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS

Las fichas técnicas de las regiones hidrológicas prioritarias están ordenadas de acuerdo con la región de trabajo a la que pertenecen y al número que les corresponde en los mapas y tablas respectivos. Incluyen información acerca de los estados, extensión del área y el polígono (latitud, longitud) donde se ubican, además de información básica sobre las características fisiográficas (geología, edafología, clima, temperatura y precipitación), los recursos hídricos (lénticos y lóticos), y la flora y fauna características de cada región; se hace énfasis en las especies endémicas, indicadoras o amenazadas, así como en los tipos de vegetación. También se presenta información sobre las principales actividades económicas, especies comerciales, uso de los recursos, problemática relacionada con la contaminación y modificación del entorno, acciones y sugerencias relacionadas con la conservación y, finalmente, sobre los grupos e instituciones que realizan trabajos de investigación en cada una de las áreas.

La información contenida en estas fichas puede presentar, de manera general, diferencias de contenido. Esto se debe a que la revisión no es exhaustiva y a que la información se encuentra aún muy dispersa, no está publicada, o bien no existe. También es importante advertir que por la naturaleza de la información, ésta está sujeta a cambios y actualizaciones, y se encuentra disponible en la red para su consulta, en la página de la Conabio cuya dirección es: http://www.conabio.gob.mx/rphidrologicas/presentacion.html.

REGIÓN NOROESTE

1. SAN PEDRO MÁRTIR

Estado(s): Baja California **Extensión:** 6 208.475 km^2
Polígono: Latitud 31°40'48" - 30°42'00" N
Longitud 116°22'00" - 115°16'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: laguna Hanson, pantanos.
lóticos: ríos Rincón y Salado, arroyos temporales.
Limnología básica: ND
Geología/edafología: comprende las sierras San Pedro Mártir, San Miguel y Juárez; suelos tipo Litosol, Regosol, Planosol y Xerosol.
Características varias: climas templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y seco mediterráneo templado con lluvias en invierno y muy seco semicálido con lluvias en verano. Temperatura media anual de 10-20°C. Precipitación total anual de 200-600 mm.
Principales poblados: San Pedro Mártir, Punta Colnet, San Vicente.
Actividad económica principal: forestal, agrícola y pesquera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino, mesófilo de montaña y matorral rosetófilo costero. La flora de esta región corresponde a la subflora de San Felipe, de tipo chaparral con elementos de montaña importantes debido a la sierras de San Pedro Mártir y de Juárez. Los taxa más notables de plantas son *Calocedrus decurrens, Cercocarpus montanus glaber, Cupressus montana, Pinus contorta* var. *latifolia, P. jeffreyi, P. lambertiana, Populus tremuloides, Woodwardia fimbriata*. Fauna característica: de moluscos *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica;* de aves migratorias *Phaeton rubricauda rothschildi, Sula dactylatra californica, S. leucogaster brewsteri;* de mamíferos *Chaetodipus californicus, Dipodomys agilis, Tamias merriami merriami, Microtus californicus, Neotoma fuscipes, N. lepida, Scapanus latimanus, Sorex ornatus, Spermophilus beecheyi, Peromyscus californicus.* Entre los elementos endémicos de plantas tenemos *Aesculus parryi, Arctostaphylos oppositifolia, Atriplex julacea, Eriogonum vollmeri, Opuntia santamaria, Penstemon palmeri, Rosa minutifolia*; de

peces como la trucha de San Pedro Mártir *Oncorhynchus mykiss nelsoni* y el mamífero *Peromyscus truei martirensis*. Población más sureña de *Myotis evotis milleri*. Especies amenazadas: de peces *Leptocottus armatus australis* y *Oncorhynchus mykiss nelsoni* por pérdida de hábitat; de insectos acuáticos como plecóptera, tricóptera, efemeróptera y coleóptera. Especies indicadoras de insectos acuáticos *Cheumatopsyche gelita, Lepidostoma aztecum* y *Limnephilus* sp.
Aspectos económicos: actividad agrícola, forestal y pesquera. Especies comerciales de trucha. Abastecimiento de agua para fines urbanos y de riego.
Problemática:

Modificación del entorno: desforestación.

Contaminación: principalmente atmosférica de Tijuana a San Diego.

Uso de recursos: carencia de técnicas silvícolas.

Conservación: planificar programas de manejo y conservación; no hay inventarios de fauna acuática. Se le considera Parque Nacional Sierra de San Pedro Mártir.
Grupos e instituciones: Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; Universidad Autónoma de Baja California; Universidad de California; Universidad Nacional Autónoma de México.

2. RÍOS ESTACIONALES DE BAJA CALIFORNIA - CATAVIÑA

Estado(s): Baja California **Extensión:** 3 658.47 km^2
Polígono: Latitud 29°42'36" - 28°55'12" N
Longitud 114°55'00" - 114°13'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos:

lóticos: arroyos intermitentes.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos tipo Regosol y Yermosol.
Características varias: clima muy seco semicálido y templado con lluvias en verano y escasas en invierno. Temperatura media anual de 16-20°C. Precipitación total anual menor de 200 mm.

Principales poblados: Puerto Canoas, Pta. Prieta y San José.

Actividad económica principal: ecoturismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorrales sarcocaule, sarco-crasicaule, rosetófilo costero y cardonal. La flora corresponde a la subflora del desierto El Vizcaíno con asociaciones vegetales de matorral de bursera, agaves y sirios. Especies representativas de plantas *Agave sebastiana, Ambrosia chenopodiifolia, Bursera hindsiana, B. microphylla, Fouquieria columnaris, Franseria magdalenae, Opuntia cholla, O. ciribe, Pachycereus pringlei, Pachycormus discolor, Yucca valida*. Fauna característica: de moluscos *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica;* de reptiles y anfibios *Arizona elegans, Bipes biporus, Cnemidophorus tigris, C. hyperythrus, Coluber lateralis, C. flagellum, Crotalus viridis, C. ruber, C. mitchelli, C. enyo, Gambelia wislizenii, Hypsiglena torquata, Leptotyphlops humilis, Phyllorhynchus decurtatus, Pituophis melanoleucus, Salvadora hexalepis, Urosaurus microscutatus, Uta stansburiana;* de aves migratorias *Phaeton rubricauda rothschildi, Sula dactylatra californica, Sula leucogaster brewsteri*. Región de alto endemismo representativo de las zonas planas desérticas de Baja California y excelentes condiciones de integridad.
Aspectos económicos: ecoturismo y pesca deportiva.
Problemática:

Modificación del entorno: causado por la ganadería extensiva.

Contaminación: proveniente de la minería.

Uso de recursos: extracción ilegal de reptiles.

Conservación: buen estado de conservación; puede ser un hábitat de interés como ecosistema de flujo de agua intermitente asociado a una región terrestre prioritaria.
Grupos e instituciones: Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; Universidad Autónoma de Baja California; Universidad Nacional Autónoma de México.

3. SIERRA DE LA LIBERTAD

Estado(s): Baja California **Extensión:** 2 551.98 km^2
Polígono: Latitud 28°50'24" - 27°49'12" N
Longitud 113°22'00" - 112°43'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos:
lóticos: arroyos temporales.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: comprende las sierras de las Ánimas, Agua de Soda y de La Libertad con cuencas y canales; presencia de rocas ígneas y sedimentarias. Suelos tipo Litosol, Regosol y Yermosol.
Características varias: costa árida con poca población. Clima muy seco semicálido y templado y seco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-24°C. Precipitación total anual hasta 400 mm.
Principales poblados: Bahía de los Angeles, San Felipe, San Rafael, El Progreso.
Actividad económica principal: minería (cobre y otros) y pesca.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral sarcocaule y cardonal. La flora de esta región corresponde a la subflora de la costa central del Golfo y su vegetación está caracterizada por *Bursera hindsiana, B. microphylla, Encelia farinosa, Euphorbia misera, Franseria magdalenae, Fouquieria columnaris, F. peninsularis, F. splendens, Jatropha cinerea, Larrea tridentata, Olneya tesota, Opuntia cholla, O. clavellina, Pachycereus pringlei, Viscainoa geniculata.* Fauna característica: de moluscos *Acanthochitona exquisita* (bajo rocas), *Acanthodoris pina* (línea de marea), *Arene lurida* (litoral rocoso), *Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Cerberilla pungoarena* (superficie de arenas fangosas), *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Chaetopleura euryplax* (bajo rocas en fango), *C. mixta* (zona litoral), *C. syhana* (litoral), *Chama venosa, Chiton virgulatus* (bajo rocas, en litoral), *Collisella stanfordiana* (litoral), *Conualevia marcusi* (raro), *Decipifus lyrta* (litoral de poca profundidad), *D. macleani* (litoral), *Dendrodoris krebsii* (raro al oeste de BC, y común en costas del centro y sur), *Donax contusus, Euclathurella carissima* (en rocas), *Fusinus (Aptyxis) cinereus* (sobre rocas), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (en zonas arenosas), *Here undatoides* (rara, fondos fangosos), *Lepidozona clathrata* (bajo rocas y piedras), *L. subtilis* (en rocas), *Leptopecten palmeri, Lucina lingualis, Muricopsis armatus* (litoral bajo rocas), *Nucinella subdola, Pitar (Hyphantosoma) pollicaris, Polycera alabe* (rara), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *P. saavedrai, Stenoplax conspicua sonorana* (bajo rocas), *Tellina (Angulus) coani, Transennella humilis, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de reptiles y anfibios *Callisaurus draconoides, Coeonyx variegatus, Crotalus atrox, C. cerastes, Crotaphytus collaris, Dipsosaurus dorsalis, Gambelia wislizenii, Phrynosoma macallii, P. platyrhinos, Phyllodactylus xanti, Sauromalus ater, Sonora semiannulata, Uma notata, Urosaurus graciosus, U. ornatus, Uta mearnsi, Xantusia vigilis.* Especies amenazadas: de cactáceas, de reptiles y de mamíferos como el lince *Lynx rufus*, el venado bura *Odocoileus hemionus*, el borrego cimarrón *Ovis canadensis* y el puma *Puma concolor.* Región con alto endemismo.
Aspectos económicos: ecoturismo, minería y pesca.
Problemática:
Modificación del entorno: por desarrollos mineros.
Contaminación: por metales pesados.
Uso de recursos: distribución inadecuada de los recursos mineros; cacería furtiva; sobrexplotación de agostaderos; extracción ilegal de cactáceas, reptiles y piezas arqueológicas.
Conservación: preocupa la contaminación producida por la actividad minera; faltan conocimientos totales de la zona.
Grupos e instituciones: Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; Universidad Autónoma de Baja California; Universidad Autónoma de Baja California Sur; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - La Paz, Guaymas y Mazatlán, INP; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; Universidad de Sonora; Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.; Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN; Centro en Investigaciones en Alimentos y Desarrollo; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología – Mazatlán, UNAM.

4. SIERRA DE SAN FRANCISQUITO - OASIS SAN IGNACIO

Estado(s): Baja California Sur **Extensión:** 4 262.91 km^2
Polígono: Latitud 27°33'00" - 26°37'12" N
Longitud 113°15'00" - 112°27'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: laguna de San Ignacio, represas, oasis, marismas.
lóticos: río San Ignacio, esteros San Juan, San Ignacio y El Cordón, arroyos.
Limnología básica: cuerpo de agua permanente debido a una represa sobre el arroyo San Ignacio que tiene su origen en la sierra La Yegua.
Geología/edafología: se encuentra enclavado en un gran valle bordeado por mesetas de basalto y lomeríos de rocas sedimentarias. Suelos de tipo Regosol, Yermosol, Solonchak y Fluvisol.
Características varias: presenta un clima extremoso, muy seco semicálido con lluvias en invierno. Temperatura media anual de 18-24°C. Precipitación total anual menor de 100 mm.
Principales poblados: San Ignacio, San Francisco.
Actividad económica principal: agricultura intensiva, ganadería y pesca.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: cardonal, matorral sarcocaule, matorral sarco-crasicaule, manglar, pastos marinos y macroalgas. San Ignacio registra las densidades más altas en cuanto a vegetación dentro del oasis y el palmar debido probablemente a la disponibilidad de agua existente. Plantas importantes estructuralmente: *Bursera microphylla, Phragmites australis y Washingtonia robusta.* Las formaciones de manglar y de pastos marinos de *Ruppia maritima* y *Zoostera marina* sirven de área de crianza para larvas de peces y moluscos de importancia económica. Flora característica: manglares *de Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle, Atriplex barclayana, A. canescens, Euphorbia misera, Frankenia grandifolia, F. palmeri.* Fauna característica: de moluscos *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de reptiles y anfibios *Arizona elegans, Bipes biporus, Cnemidophorus tigris, C. hyperythrus, Coluber lateralis, C. flagellum, Crotalus enyo, C. mitchelli, C. ruber, C. viridis, Gambelia wislizenii, Hypsiglena torquata, Leptotyphlops humilis, Phyllorhynchus decurtatus, Pituophis melanoleucus, Salvadora hexalepis, Urosaurus microscutatus, Uta stansburiana*; de aves residentes *Amphispiza bilineata, Auriparus flaviceps, Calypte costae, Campylorhynchus brunneicapillus, Carpodacus mexicanus,* carpintero de Gila *Centurus uropygialis, Geothlypis beldingi,* el bolsero cuculado *Icterus cucullatus,* copetón gorjicenizo *Myiarchus cinerascens, Polioptila caerulea, P. californica, Tachycineta thalassina, Zenaida asiatica clara*; de aves migratorias *Charadrius wilsonia beldingi, Cistothorus palustris, Dendroica coronata, Fregata magnificens, Oceanodroma tethys tethys, Phaeton rubricauda rothschildi, Sterna fuscata crissalis, Sula dactylatra californica, S. leucogaster brewsteri, Vermivora celata, Zonotrichia leucophrys*; de mamíferos *Ammospermophilus leucurus, Bassariscus astutus, Canis latrans, Chaetodipus arenarius, C. baileyi, C. spinatus, Dipodomys merriami, D. simulans peninsularis, Eptesicus fuscus, Lepus californicus, Macrotus californicus, Myotis californica californica, Neotoma lepida, Peromyscus eva, P. maniculatus, Procyon lotor, Spilogale putorius, Urocyon cinereoargenteus.* Endemismo de plantas *Agave vizcainoensis, Ferocactus chrysacanthus, F. emoryi, Pachycereus schottii, Mammillaria goodridgei, M. goodridgei* var. *rectispina, M. lewisiana, M. neopalmeri*; del pez *Fundulus lima,* de mamíferos *Spermophilus atricapillus* y *Dipodomys peninsularis.* Especies amenazadas: de reptiles la tortuga *Chelonia agassizi*; de aves *como Anas acuta, A. americana, Ardea herodias,* la lechuza de madrigueras *Athene cunicularia, Aythya affinis, Branta bernicla, Butorides virescens, Casmerodius albus, Charadrius alexandrinus, Egretta caerulea, E. rufescens, E. thula, E. tricolor, Eudocimus albus,* el halcón peregrinus *Falco peregrinus, Haematopus palliatus, Haliaeetus leucocephalus, Larus occidentalis, Nyctanassa violacea, Nycticorax nycticorax,* el águila pescadora *Pandion haliaetus,* el pelícano blanco *Pelecanus erythrorhynchos, P. occidentalis, Phalacrocorax auritus, Puffinus opisthomelas, Sterna antillarum, S. caspia, S. maxima*; de mamíferos el berrendo *Antilocapra americana peninsularis*, el venado bura *Odocoileus hemionus*, el borrego cimarrón *Ovis canadensis*, la pequeña zorra del desierto *Vulpes macrotis*, el puma *Puma concolor*, el gato montes *Lynx rufus.* Sitio de refugio, reabastecimiento y preparación para la migración de aves (gran abundancia). Ruta migratoria y área de apareamiento y reproducción de aves como el ganso canadiense *Branta canadensis*, el águila pescadora *Pandion haliaetus* y de mamíferos marinos como la ballena gris *Eschrichtius robustus,* el elefante marino *Mirounga angustirostris,* la foca *Phoca vitulina* y el lobo marino *Zalophus californianus.*

Aspectos económicos: cultivos: ajo, alfalfa, calabaza, cebolla, dátil, frijol, granada, guayaba, habas, higo, jitomate, lechuga, limón, maíz melón, naranja, olivo, plátano, repollo, sandia, uva, zapote. Plantas cultivables: *Phoenix dactylifera* y *Ricinus communis*. Existe también corta de palma, pesca y cría de ganado bovino y caprino.

Problemática:

Modificación del entorno: construcción de represas, sobrepastoreo y sobrexplotación de agostaderos y mantos acuíferos subterráneos. Preocupa la construcción de diques y fosos alrededor de los salitrales con lo cual se alteraría los flujos naturales de agua dulce superficiales y subterráneas de la Laguna San Ignacio y por lo tanto la producción biológica de la flora y fauna de la Laguna. También preocupa el incremento en el tráfico marino y el ruido asociado a las actividades marinas y el bombeo de agua los cuales pueden alterar el comportamiento de las ballenas en cuanto a sus hábitos de reproducción y cría invernales.

Contaminación: ND.

Uso de recursos: especie introducida del anfibio *Rana catesbeiana*; cacería furtiva. El 86% del agua es para uso agrícola y el resto para uso doméstico. San Ignacio está fuertemente amenazada por exóticos. Pesquerías de abulón, almeja y langosta. Explotación de los salitrales de San Ignacio.

Conservación: comprende parte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. La Bahía de San Ignacio está considerada como humedal prioritario por el North American Wetlands Conservation Council.

Grupos e instituciones: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.; Semarnap-INE; Pronatura, A.C.; Instituto Nacional de Antropología e Historia; Instituto de Ecología, UNAM.

5. MULEGÉ - STA. ROSALÍA

Estado(s): Baja California Sur — **Extensión:** 2 422.02 km^2

Polígono: Latitud 27°19'12" - 26°39'00" N
Longitud 112°34'00" - 111°56'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presa La Misión.

lóticos: arroyos de la Giganta y Mulegé, manantiales Sta. Agueda, San Lucas, San Bruno y San Marcos.

Limnología básica: cuencas de Sta. Águeda, San Lucas, San Bruno, San Marcos Palo Verde y Mulegé (total 2 295 km^2).

Geología/edafología: rocas ígneas y sedimentarias; suelos de tipo Regosol, Vertisol, Yermosol y Fluvisol.

Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-24°C. Precipitación total anual menor de 100 mm.

Principales poblados: Mulegé, Sta. Rosalía, San Bruno, Sta. Águeda.

Actividad económica principal: pesca, minería (cobre) y salineras.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral sarcocaule, cardonal, vegetación halófila, manglares y vegetación riparia. La flora de esta región corresponde a la subflora de la costa central del Golfo y su vegetación está caracterizada por *Bursera microphylla, B. hindsiana, Encelia farinosa, Euphorbia misera, Fouquieria columnaris, F. peninsularis, F. splendens, Franseria magdalenae, Jatropha cinerea, Larrea tridentata, Pachycereus pringlei, Olneya tesota, Opuntia cholla, O. clavellina, Viscainoa geniculata*. Fauna característica: de moluscos *Acanthochitona exquisita* (bajo rocas), *Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Chaetopleura mixta* (litoral), *Chama venosa, Collisella stanfordiana* (litoral), *Cypraea (Zonaria) annettae annettae* (zona litoral, bajo rocas), *Donax contusus, Fusinus (Aptyxis) cinereus* (sobre rocas), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (en zonas arenosas), *Here undatoides* (rara, fondos fangosos), *Leptopecten palmeri, Lucina lingualis, Muricopsis armatus* (zona litoral bajo rocas), *Pitar (Hyphantosoma) pollicaris, Pseudochama inermis* (zona litoral), *P. saavedrai, Rangia (Rangianella) mendica* (zonas de mangle y rompeolas), *Tellina (Angulus) coani, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de peces *Agonostomus monticola, Centropomus nigrescens, Fundulus parvipinnis, Lutjanus argentiventris*; de reptiles y anfibios *Bipes biporus, Crotalus enyo, C. mitchelli, C. ruber, Ctenosaura hemilopha, Phyllodactylus xanti, Pseudacris regilla, Scaphiopus couchii, Uta thalassina*. Especies endémicas: de peces *Fundulus lima;* de reptiles y anfibios *Bogertophis rosaliae, Chilomeniscus*

stramineus, Cnemidophorus maximus, Coluber aurigulus, Eridiphas slevini, Eumeces lagunensis, Gerrhonotus paucicarinatus, Phyllodactylus unctus, Thamnophis digueti, T. elegans, Tantilla planiceps.
Aspectos económicos: pesquerías del crustáceo *Macrobrachium tenellum* y de la tilapia *Oreochromis aureus.* Turismo y explotación de salinas
Problemática:
Modificación del entorno: ND.
Contaminación: por basura generada por turismo y contaminación del agua por salineras.
Uso de recursos: sobrexplotación de agostaderos; extracción ilegal de cactáceas, reptiles y piezas arqueológicas.
Conservación: preocupa la sobrexplotación del agua. Faltan conocimientos generales de la región.
Grupos e instituciones: Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; Universidad Autónoma de Baja California; Universidad Autónoma de Baja California Sur; Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

6. LA PURÍSIMA

Estado(s): Baja California Sur **Extensión:** 3 746.15 km^2
Polígono: Latitud 26°39'00" - 25°48'36" N
Longitud 112°27'00" - 111°35'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: manantiales Paso Hondo, Ojo de Agua, San Miguel, San José de Comondú, San Javier; ojos de agua San Isidro y La Purísima, presa El Rey.
lóticos: arroyos temporales.
Limnología básica: cuenca de la Purísima y Mezquital Seco (4 996 km^2). Cuerpos de agua permanentes (de 0.15 a 2.70 km^2).
Geología/edafología: suelos de tipo Regosol, Vertisol, Yermosol y Litosol.
Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en invierno. Temperatura media anual de 18-24°C. Precipitación total anual hasta 200 mm.
Principales poblados: Paso Hondo, Ojo de Agua, San Miguel, Comondú, La Purísima.
Actividad económica principal: agricultura intensiva.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral sarcocaule, sarco-crasicaule y palmares. La flora de esta región corresponde a la subflora de las planicies de Magdalena y comprende las especies dominantes de *Bursera laxiflora, Cercidium peninsulare, Esenbeckia hartmanii, Fouquieria peninsularis, Jatropha cinerea, Lycium brevipes, Machaerocereus gummosus, M. eruca, Mammillaria peninsularis, Opuntia comonduensis, O. cholla, Pachycereus pringlei, Pereskiopsis porteri, Stenocereus thurberi.* Fauna característica: de moluscos *Anachis hannana, Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica;* de peces *Awaous banana, Bipes biporus, Cnemidophorus tigris, C. hyperythrus, Mugil cephalus*; de reptiles y anfibios *Arizona elegans, Coluber flagellum, C. lateralis, Crotalus enyo, C. mitchelli, C. ruber, C. viridis, Gambelia wislizenii, Hypsiglena torquata, Leptotyphlops humilis, Phyllorhynchus decurtatus, Pituophis melanoleucus, Salvadora hexalepis, Urosaurus microscutatus, Uta stansburiana*; de aves residentes *Amphispiza bilineata, Auriparus flaviceps, Calypte costae, Campylorhynchus brunneicapillus, Carpodacus mexicanus,* el carpintero de Gila *Centurus uropygialis, Columbina passerina,* el bolsero cuculado *Icterus cucullatus, Polioptila caerulea, Tachycineta thalassina, Zenaida asiatica clara;* de aves migratorias *Charadrius wilsonia beldingi, Chondestes grammacus, Dendroica coronata, Fregata magnificens rothschildi, Oceanodroma tethys tethys, Phaeton rubricauda rothschildi, Pheucticus melanocephalus, Spizella breweri, Sterna fuscata crissalis, Sula dactylatra californica, Sula leucogaster brewsteri, Troglodytes aedon, Tyrannus vociferans, Vireo vicinior, Wilsonia pusilla.* Endemismo del pez *Fundulus lima.*
Aspectos económicos: agricultura intensiva.
Problemática:
Modificación del entorno: poco modificado.

Contaminación: no se conoce.
Uso de recursos: sobrexplotación de los recursos hídricos.
Conservación: ninguna.
Grupos e instituciones: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

7. BAHÍA MAGDALENA

Estado(s): Baja California Sur **Extensión:** 1 449.29 km^2
Polígono: Latitud 25°10'48" - 24°26'24" N
Longitud 112°11'24" - 111°33'00' W

Recursos hídricos principales
lénticos:
lóticos: arroyos temporales, estuarios, canales.
Limnología básica: ND
Geología/edafología: rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Suelos de tipo Regosol, Yermosol y Zolonetz.
Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en verano e invierno. Temperatura media anual de 18-24°C. Precipitación total anual menor de 100 mm.
Principales poblados: Bahía Magdalena.
Actividad económica principal: pesquera, minera y ecoturismo.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral sarcocrasicaule, vegetación de dunas costeras, manglar como hábitat de fauna acuática y terrestre. La flora de esta región corresponde a la subflora de las planicies de Magdalena y comprende las especies dominantes de *Bursera laxiflora, Cercidium peninsulare, Esenbeckia hartmanii, Fouquieria peninsularis, Jatropha cinerea, Lycium brevipes, Mammillaria peninsularis, Machaerocereus gummosus, M. eruca, Opuntia comonduensis, O. cholla, Pachycereus pringlei, Pereskiopsis porteri, Stenocereus thurberi.* Fauna característica: de moluscos *Anachis hannana, Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Chione (Chionista) cortezi* (zona litoral), *Haplocochlias cyclophoreus, Morula (Morunella) ferruginosa* (zona litoral, bajo rocas), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica;* de reptiles y anfibios *Arizona elegans, Bipes biporus, Cnemidophorus tigris, C. hyperythrus, Coluber flagellum, C. lateralis, Crotalus enyo, C. mitchelli, C. ruber, C. viridis, Gambelia wislizenii, Hypsiglena torquata, Leptotyphlops humilis, Phyllorhynchus decurtatus, Pituophis melanoleucus, Salvadora hexalepis, Urosaurus microscutatus, Uta stansburiana;* de aves migratorias como el ganso de collar *Branta bernicla, Charadrius wilsonia beldingi, Fregata magnificens, Larus occidentalis, Oceanodroma tethys tethys, Pelecanus occidentalis, Phaeton rubricauda rothschildi, Phalacrocorax auritus, P. penicillatus, Sterna antillarum, S. fuscata crissalis, Sula dactylatra californica, S. leucogaster brewsteri.* Especies amenazadas: de aves *Anas acuta, A. americana, A. discors, Aythya affinis, Haliaeetus leucocephalus.* Endemismo de cactáceas. Alto nivel de integridad ecológica. La zona costera es hábitat del lobo marino *Zalophus californianus.*
Aspectos económicos: yacimientos de fosforita; ecoturismo; pesquerías de sardina, langosta, escama, camarón y almeja.
Problemática:
Modificación del entorno: daño por embarcaciones.
Contaminación: por desechos de la industria minera, aguas termales y residuos pesqueros.
Uso de recursos: extracción ilegal de tortugas marinas, cactáceas y reptiles.
Conservación: preocupan los desechos mineros y el creciente desarrollo turístico.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Baja California Sur; Universidad Autónoma de Baja California; Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; Universidad Nacional Autónoma de México; Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN; Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras – La Paz; School of Field Studies, Boston, MA (escuela de campo para humedales).

8. OASIS SAN PEDRO DE LA PRESA - EL PILAR - LAS POCITAS

Estado(s): Baja California Sur Extensión: 5 186.52 km^2
Polígono: Latitud 25°05'24" - 24°12'00' N
Longitud 111°36'00' - 110°39'36" W

Recursos hídricos principales
lénticos: oasis Sta. Rita, San Hilario, San Pedro de la Presa y El Pilar-Las Pocitas.
lóticos: arroyos Las Ánimas y El Pilar.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: zonas áridas montañosas, lomeríos y riscos de 1 500 msnm. Rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Suelos de tipo Regosol, Yermosol, Litosol y Vertisol. San Pedro es un pequeño cuerpo de agua que se encuentra en forma intermitente sobre el lecho del arroyo Las Ánimas en la vertiente occidental de la Sierra de la Giganta, con paisaje montañoso. Presenta obras rústicas que permiten retener el agua. Escasas vías de comunicación y carencia de energía eléctrica. El Pilar-Las Pocitas es un cuerpo de agua que se encuentra en forma intermitente sobre el lecho del arroyo El Pilar, en la vertiente occidental de la Sierra de la Giganta, en un gran valle con vegetación escasa.
Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en verano e invierno. Temperatura media anual de 18-24°C. Precipitación total anual hasta 300 mm.

Principales poblados: Conejo, La Aguja.

Actividad económica principal: agricultura y ganadería extensiva de especies exóticas de burros y chivas.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral sarcocaule y cardonal. La flora de esta región corresponde a la subflora de las planicies de Magdalena y a la subflora de la costa central del Golfo; comprende las especies dominantes de *Bursera hindsiana, B. laxiflora, B. microphylla, Cercidium peninsulare, Encelia farinosa, Esenbeckia hartmanii, Euphorbia misera, Fouquieria columnaris, F. peninsularis, F. splendens, Franseria magdalenae, Jatropha cinerea, Larrea tridentata, Lycium brevipes, Machaerocereus eruca, M. gummosus, Mammillaria peninsularis, Opuntia comonduensis, O. cholla, O. clavellina, Pachycereus pringlei, Pereskiopsis porteri, Stenocereus thurberi, Viscainoa geniculata.* Plantas importantes estructuralmente de los oasis: *Bursera microphylla, Cryptostegia grandiflora, Jatropha cinerea, Leucaena macrophylla macrophylla, Phoenix dactylifera, Phragmites australis, Prosopis articulata, Salix sitchensis, Urochloa mutica, Washingtonia robusta.* Fauna característica: de moluscos *Anachis hannana, Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Chaetopleura mixta* (zona litoral), *Chama venosa, Chione (Chionista) cortezi* (zona litoral), *Chiton virgulatus* (bajo rocas, zona litoral), *Collisella stanfordiana* (zona litoral), *Crassispira (Monilispira) appressa* (zonas rocosas), *Cyathodonta lucasana, Dendrodoris krebsii* (raro al oeste de BC, y común en costas del centro y sur), *Fusinus (Aptyxis) cinereus* (sobre rocas), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Here undatoides* (rara, en fondos fangosos), *Knefastia dalli* (en fangos), *Leptopecten palmeri, Lucina lingualis, Muricopsis armatus* (zona litoral bajo rocas), *Nymphispira nymphia* (zona litoral rocosa), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *P. saavedrai, Rangia (Rangianella) mendica* (zonas de mangle y rompeolas), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tellina (Angulus) coani, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de reptiles y anfibios *Bipes biporus, Coluber flagellum, C. lateralis, Crotalus enyo, C. mitchelli, C. ruber, C. viridis, Phyllodactylus xanti, Pseudacris regilla, Scaphiopus couchii, Thamnophis hammondi, Trachemys scripta, Urosaurus microscutatus, Uta thalassina*; de aves residentes *Auriparus flaviceps, Calypte costae, Carpodacus mexicanus*, el carpintero de Gila *Centurus uropygialis, Phainopepla nitens, Vermivora celata, Zenaida asiatica clara;* de aves migratorias *Charadrius wilsonia beldingi, Fregata magnificens rothschildi, Oceanodroma tethys tethys, Phaeton rubricauda rothschildi, Sterna fuscata crissalis, Sula dactylatra californica, S. leucogaster brewsteri, Wilsonia pusilla*; de mamíferos *Ammospermophilus leucurus, Bassariscus astutus, Canis latrans, Chaetodipus baileyi, C. spinatus, Dipodomys merriami, Lepus californicus, Macrotus californicus, Myotis californica californica, Neotoma lepida, Peromyscus eva, P. maniculatus, Procyon lotor, Spilogale putorius, Sylvilagus audubonii, Tadarida brasiliensis, Urocyon cinereoargenteus.* Endemismo peces *Fundulus lima* y *Gobiesox juniperosanai*, ambos amenazados; de reptiles y anfibios *Chilomeniscus stramineus, Cnemidophorus maximus, Ctenosaura hemilopha, Coluber aurigulus, Bogertophis rosaliae, Eridiphas sle-*

vini, Eumeces lagunensis, Gambelia wislizenii copeii, Gerrhonotus paucicarinatus, Petrosaurus thalassinus, Phyllodactylus unctus, Tantilla planiceps, Thamnophis digueti, T. elegans, Urosaurus nigricaudus; de mamíferos *Spermophilus atricapillus.*

Aspectos económicos: cultivos de vid, mango y un pequeño palmar de *Phoenix dactylifera* y *Washingtonia robusta* (dátiles). La agricultura es a pequeña escala y prácticamente de autoconsumo. Otros cultivos: aguacate, café, calabaza, cebolla, chícharo, granada, habas, jitomate, lechuga, maíz, naranja-limón, naranja, repollo, mango, uva y zapote.

Problemática:

Modificación del entorno: obras hidráulicas en manantiales y pequeños gaviones.

Contaminación: no se conoce.

Uso de recursos: cacería furtiva y ganadería extensiva de ungulados.

Conservación: ninguna.

Grupos e instituciones: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

9. SIERRA DEL NOVILLO - LA PAZ

Estado(s): Baja California Sur **Extensión:** 1 531.142 km^2

Polígono: Latitud 24°12'36" - 23°46'12" N
Longitud 110°34'12" - 109°59'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presa Buena Mujer, llanuras de inundación estacional.

lóticos: arroyos El Cajoncito, El Calandrio, La Huerta, La Palma, El Novillo y Los Gatos, ríos estacionales, esteros.

Limnología básica: volumen medio anual: 11 562 millones de m^3; arroyos intermitentes escurren con lluvias de tipo ciclónico; precipitación de 248 mm. El arroyo La Huerta (también La Paz) recorre 27.5 km y drena a un área de 57 km^2; a 5.6 km de su origen recibe las aguas de la cañada Sta. Clara y a 17.7 km se une al Chametla; atraviesa un fraccionamiento y zonas agrícolas; a 23.6 km de su origen recibe aguas del Calandrio y corre paralelo al Cajoncito.

Geología/edafología: suelos tipo Regosol, Litosol y Yermosol.

Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en verano e invierno. Temperatura media anual de 16-26°C. Precipitación total anual menor de 500 mm.

Principales poblados: La Paz, Chametla, El Centenario, Ensenada de los Muertos, San Pedro, La Ventana.

Actividad económica principal: turismo, ganadería, agricultura y pesca.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación; matorral sarcocaule, cardonal y manglar. La flora de esta región corresponde a la subflora de la costa central del Golfo y su vegetación está caracterizada por *Bursera hindsiana, B. microphylla, Encelia farinosa, Euphorbia misera, Fouquieria columnaris, F. peninsularis, F. splendens, Franseria magdalenae, Jatropha cinerea, Larrea tridentata, Olneya tesota, Opuntia cholla, Opuntia clavellina, Pachycereus pringlei, Viscainoa geniculata.* Fauna característica: de moluscos *Acanthochitona exquisita* (bajo rocas), *Arene adusta* (litoral), *Astraea (Uvanilla) olivacea* (zona sublitoral rocosa), *Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Chaetopleura mixta* (zona litoral), *Chama venosa, Chiton virgulatus* (bajo rocas, zona litoral), *Collisella stanfordiana* (zona litoral), *Crassispira (Monilispira) appressa* (zonas rocosas), *Cyathodonta lucasana* (rara, en fondos fangosos), *Eulima townsendi, Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Haplocochlias cyclophoreus, Here undatoides, Knefastia dalli* (en fangos), *Lepidozona clathrata* (bajo rocas), *Lucina lingualis, Macoma (Rexithaerus) indentata, Mitrella caulerpae* (sobre algas *Caulerpa*), *Muricopsis armatus* (zona litoral bajo rocas), *Nymphispira nymphia* (zona litoral rocosa), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *P. saavedrai, Radsiella tridentata* (abundante en rocas), *Rangia (Rangianella) mendica* (zonas de mangle y rompeolas), *Tellina (Angulus) coani, Transennella humilis, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de peces *Agonostomus monticola;* de reptiles y anfibios: *Bipes biporus, Crotalus enyo, C. mitchelli, C. ruber, Phyllodactylus xanti, Pseudacris regilla, Scaphiopus couchii*; de aves como *Sterna antillarum.* Especies endémicas: de reptiles y anfibios: *Chilomeniscus stramineus, Cnemidophorus hyperythrus, Coluber aurigulus Ctenosaura hemilopha, Bogertophis ro-*

saliae, Eridiphas slevini, Eumeces lagunensis, Gerrhonotus paucicarinatus, Phyllodactylus unctus, Tantilla planiceps, Thamnophis digueti, T. elegans; de aves *Hylocharis xantusii, Toxostoma cinereum.*
Aspectos económicos: turismo, ganadería, agricultura, pesca, comercio y transporte. Es vía de acceso a la península. Pesquerías de crustáceos *Macrobrachium americanum, Macrobrachium occidentale* y *Macrobrachium tenellum.*
Problemática:

Modificación del entorno: sobrepastoreo, urbanización, tala de árboles, deforestación en general y erosión. Agotamiento de acuíferos y alta salinización.

Contaminación: por desechos sólidos y aguas residuales.

Uso de recursos: sobrexplotación del manto freático. Uso de suelo para agostadero. Termoeléctrica.

Conservación: se requiere de la recarga de acuíferos, de ordenamiento del crecimiento urbano y del saneamiento de desechos urbanos. Se desconoce la dinámica de la calidad de los acuíferos.
Grupos e instituciones: Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; El Colegio de la Frontera norte; Universidad de California; Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.; Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN; Universidad Autónoma de Baja California Sur; Universidad Autónoma de Baja California; Universidad Nacional Autónoma de México.

10. SIERRA DE LA LAGUNA Y OASIS ALEDAÑOS

Estado(s): Baja California Sur **Extensión:** 5 398.63 km²
Polígono: Latitud 23°47'34" - 22°52'12" N
Longitud 110°16'48" - 109°24'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: oasis Todos Santos, Migriño, Santiago y San Bartolo, estero San José, lagos, pantanos.

lóticos: arroyos temporales.

Limnología básica: Todos Santos: manto freático menor que 1.5 km^2; precipitación invernal mayor que 10.2 mm. Santiago: manto freático menor que 1.5 km^2, con aporte de los arroyos Agua Caliente y San Jorge; precipitación de 5 a 10 mm.
Geología/edafología: suelos de tipo Regosol, Litosol, Cambisol y Fluvisol. Santiago es un manto subterráneo, se encuentra en una zona de mesetas de disección formadas a partir de antiguos depósitos de material arenosos provenientes de la Sierra de la Laguna y se mantienen gracias a los arroyos de Agua Caliente y San Jorge. Su extensión es menor que 1.5 km^2. San Bartolo es un oasis formado por un manantial que nace en el cauce de un arroyo temporal, con suministros de agua significativos en la época de lluvias. La hidrogeología de la cuenca indica que el manantial principal es alimentado por aportaciones provenientes de fisuras y grietas (permeabilidad secundaria). Por las mismas escurren caudales de agua provenientes de un acuífero semiconfinado emplazado en el cerro La Campana.
Características varias: es una isla de vegetación rodeada de desierto; alberga a la mayor biodiversidad del estado. Clima templado subhúmedo con lluvias en verano e invierno, semiseco semicálido, seco semicálido, muy seco muy cálido y seco muy cálido con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-26°C. Precipitación total anual de 100-700 mm.

Principales poblados: San José del Cabo, Todos Santos, Santiago, San Bartolo, Cabo San Lucas.

Actividad económica principal: ganadería extensiva, agricultura extensiva e intensiva, turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja caducifolia, bosques de pino-encino, de pino, de encino, matorral sarcocaule y manglares La Sierra de la Laguna se le considera como un centro de evolución reciente; por su aislamiento, la flora y la fauna presentan una alta riqueza específica e incidencia de especies y subespecies endémicas y representa un hábitat de fauna neártica. Comprende también, subflora de la costa central del Golfo como *Bursera hindsiana, B. microphylla, Encelia farinosa, Euphorbia misera, Fouquieria peninsularis, F. splendens, Jatropha cinerea, Larrea tridentata, Opuntia cholla, O. clavellina, Pachycereus pringlei, Pedilanthus macrocarpus.* En Todos Santos, las plantas importantes son: *Baccharis salicifolia, Bursera microphylla, Jatropha cinerea, Phoenix dactylifera, Washingtonia robusta.* Fauna característica: de moluscos *Ala-*

bina crystallina, Alvania electrina, A. gallegosi, A. herrerae, A. lucasana, Anachis berryi, A. hannana, Arene socorroensis (en rocas), *Astraea (Uvanilla) olivacea* (zona sublitoral rocosa), *Barleeia carpenteri, Bittium nitens, Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Cerithiopsis aurea, Chaetopleura mixta* (zona litoral), *Collisella discors* (litoral), *C. strongiana* (litoral), *Crassispira (Monilispira) appressa* (zonas rocosas), *C. pluto* (litoral rocoso), *Cyclostremiscus loweri, Donax (Chion) punctatostriatus, Haplocochlias cyclophoreus, H. lucasensis, Lepidozona clathrata* (bajo rocas), *L. serrata* (bajo rocas y piedras), *Leptopecten palmeri, Littorina albicarinata* (en cavidades, junto a balanos), *Lucina lingualis, Mitrella xenia, Neorapana tuberculata* (litoral rocoso), *Nymphispira nymphia* (zona litoral rocosa), *Opalia exopleura, Pterotyphis fayae* (zona litoral), *Rangia (Rangianella) mendica* (zonas de mangle y rompeolas), *Rissoella bifasciata, Rissoina bakeri, Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tegula lingulata mariamadre* (zona sublitoral), *Turbo funiculosus* (rara); de peces *Agonostomus monticola, Awaous banana, Citharichthys gilberti, Dormitator latifrons, Eleotris picta, Eucinostomus gracilis, Gerres cinereus, Gobiomorus maculatus, Lutjanus novemfasciatus, Mugil cephalus, M. curema, Pomadasys bayanus, Pseudophallus starksii*; reptiles y anfibios *Bipes biporus, Cnemidophorus maximus, Crotalus enyo, C. ruber, Ctenosaura hemilopha, Masticophis aurigulus, Natrix valida, Nerodia valida, Petrosaurus thalassinus, Phyllodactylus xanti, Pseudacris regilla, Scaphiopus couchii, Sceloporus hunsakeri, S. licki, S. monserratensis, S. sosteromus, Sonora mosaueri, Trachemys scripta, Xantusia vigilis*; de aves residentes *Callipepla californica, Calypte costae, Campylorhynchus brunneicapillus*, el carpintero de Gila *Centurus uropygialis, Hylocharis xantusii*, el bolsero cuculado *Icterus cucullatus*, el bolsero tunero *I. parisorum, Zenaida asiatica clara;* de aves migratorias *Charadrius wilsonia beldingi, Cistothorus palustris, Colymbus dominicus bangsi, Fregata magnificens rothschildi, Oceanodroma tethys tethys, Phaeton aethereus mesonauta, P. rubricuada rothschildi, Pterodoma cookii orientalis, Puffinus pacificus chlororhynchus, Spizella breweri, Sterna fuscata crissalis, Sula dactylatra californica, S. leucogaster brewsteri, Tachycineta bicolor, Vermivora celata, Wilsonia pusilla;* de mamíferos *Ammospermophilus leucurus, Antrozous pallidus, Canis latrans Chaetodipus spinatus, Dipodomys merriami, Eptesicus fuscus, Lepus californicus, Macrotus californicus, californica californica, Peromyscus eva, P. maniculatus, Pipistrellus hesperus, Spilogale putorius, Tadarida brasiliensis, Thomomys bottae, Urocyon cinereoargenteus.* Especies endémicas: de plantas *Jatropha vernicosa, Mammillaria petrophila, Morangaya pensilis*; de reptiles y anfibios: *Bogertophis rosaliae, Chilomeniscus stramineus, Coluber aurigulus, Eridiphas slevini, Eumeces lagunensis, Gerrhonotus paucicarinatus, Masticophis aurigulus, Phyllodactylus unctus, Thamnophis digueti, T. elegans, Tantilla planiceps, Uta thalassina;* de aves *Glaucidium hoskinsii, Geothlypis beldingi, Hylocharis xantusii, Toxostoma cinereum, Turdus confinis;* de mamíferos *Myotis velifer peninsularis, Oryzomys couesi, Sorex ornatus lagunae.* Especies amenazadas: de peces *Fundulus lima*; de reptiles y anfibios *Urosaurus nigricaudus;* de aves *Anas discors*, el pájaro *azul Aphelocoma coerulescens hypoleuca*, el tapacamino *Chordeiles acutipennis inferior*, la paloma serrana *Columba fasciata vioscae*, el mosquerito común *Contopus sordidulus peninsulae*, el mosquerito verdín *Empidonax difficilis cineritius, Geothlypis beldingi*, el tecolotito *Glaucidium gnoma*, el colibrí peninsular *Hylocharis xantusii*, el bolsero cuculado *Icterus cucullatus*, el junco *Junco phaeonotus bairdii*, el carpintero arlequín *Melanerpes formicivorus angustifrons*, el tecolote enano *Micrathene whitneyi sanfordi*, el copetón común *Myiarchus cinerascens pertinax*, la lechucita *Otus kennicottii xantusi*, el copetoncito *Parus inornatus cineraceus*, el carpintero chollero *Picoides scalaris lucasanus*, el escarbador *Pipilo erythrophthalmus magnirostris*, el escarbador café *P. fuscus albigula*, el sastrecito *Psaltriparus minimus grindae*, el saltapalo *Sitta carolinensis lagunae, Sterna antillarum*, el zorzal *Turdus assimilis confinis*, la primavera *T. migratorius confinis*, el vireo solitario *Vireo solitarius lucasanus*, el vireo oliváceo *V. huttoni cognatus*, el vireo gorjeador *V. gilvus victoriae*, la paloma de alas blancas *Zenaida asiatica clara*; de mamíferos *Neotoma lepida notia, Odocoileus hemionus peninsulae, Peromyscus truei lagunae, Sorex ornatus lagunae, Thomomys umbrinus alticolus* y macrofitas acuáticas; todas estas especies amenazadas por sobrexplotación acuífera.

Aspectos económicos: turismo en Los Cabos. En Santiago existen cultivos de aguacate, albahaca, calabaza, ciruela, guayaba, jitomate-cherry, lechuga, limón, maíz, mango, naranja, papaya, plátano y sorgo. Plantas cultivables: *Arundo donax, Citrus aurantiifolia limmetta, C. aurantium, Cocos nucifera, Coffea arabica, Mangifera indica, Persea americana, Phoenix dactylifera, Prunus purpurea, Psidium guajava, Punica granatum, Ricinus communis, Saccharum officinarum y Washingtonia robusta.* Pesquería de crustáceos *Macrobrachium americanum y M. tenellum.*

Problemática:

Modificación del entorno: por obras de ingeniería, asentamientos humanos, ganadería extensiva, deforestación. En Santiago: azolve, sobrexplotación de agua, desmonte del palmar.

Contaminación: por turismo y descarga de efluentes domésticos.

Uso de recursos: el oasis Santiago provee de agua a poblaciones aledañas importantes.

Conservación: se necesita un ordenamiento de la infraestructura turística y ecológica. Santiago representa la zona agrícola más importante de todos los oasis. Sin embargo las prácticas de la ganadería extensiva, la apertura de caminos y el abandono de campos de cultivo en zonas cercanas al oasis han acelerado el proceso de transporte de partículas, contribuyendo al azolve de la antigua laguna. En relación al palmar, la sobrexplotación del agua para actividades productivas ha ocasionado su desmonte y su utilización como áreas de cultivos. Comprende a la Reserva de la Biosfera Sierra de la Laguna desde 1994.

Grupos e instituciones: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.; Universidad Autónoma de Baja California; Universidad Autónoma de Baja California Sur; Universidad Nacional Autónoma de México.

11. DELTA DEL RÍO COLORADO

Estado(s): Baja California y Sonora **Extensión:** 7 971.09 km^2

Polígono: Latitud 32°43'12" - 31°26'24" N

Longitud 116°14'24" - 114°26'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: Lago Salado, Ciénega de Santa Clara, estuarios, llanuras de inundación, pantanos, pozas permanentes.

lóticos: delta del río Colorado, arroyos, manantiales.

Limnología básica: el delta del río Colorado se encuentra en la falla Imperial, la cual forma parte de la falla de San Andrés. El aporte de agua y nutrientes en la boca del río favorece el transporte de nutrientes a la costa, lo cual incrementa la productividad biológica de esas aguas.

Geología/edafología: la topografía es muy regular, se caracteriza por amplias planicies de pendientes suaves que se extienden del mar hacia el continente y puntos como la mesa Arenosa, cerro Prieto, cerro El Chinero y cerro Punta El Machorro, con elevaciones de más de 200 m; limitada al oeste por las sierras El Mayor y Las Tinajas, al este por la Sierra El Rosario y el desierto de Altar. Suelos de tipo Regosol, Litosol, Fluvisol, Solonchak y Vertisol.

Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en verano e invierno. Temperatura media anual 18-24°C. Precipitación total anual menor que 100 mm. Elevación 0-100 m.

Principales poblados: Mexicali, San Luis Río Colorado.

Actividad económica principal: agrícola en el valle de Mexicali y pesquera.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral desértico micrófilo, vegetación de desiertos arenosos, vegetación de dunas costeras, vegetación acuática y halófila, relictos de galería riparia. Existen más de 400 especies de plantas acuáticas y terrestres. Flora característica: los pantanos del delta están dominados por *Typha* spp. y carrizales; en la boca de ríos y alrededor de las islas existen comunidades de plantas halófilas como *Allenrolfea occidentalis*, *Distichlis palmeri* (pasto salado endémico), *D. spicata*, *Salicornia* sp. La Ciénega de Santa Clara está considerada como vestigio de la comunidades naturales originales. La vegetación ribereña está representada por *Populus* spp., *Prosopis glandulosa* y *Salix* spp. Fauna característica: de moluscos importantes como *Acanthodoris pina* (línea de marea), *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calliclava palmeri* (en arena fina), *Chaetopleura euryplax* (bajo rocas en fango), *C. mixta* (zona litoral), *Chama mexicana*, *Chiton virgulatus* (bajo rocas, zona litoral), *Collisella acutapex* (zona litoral), *Coryphella cynara* (litoral arenoso y dragados), *Crassispira (Monilispira) pluto* (litoral rocoso), *Dendrochiton lirulatus* (en rocas), *Euclathurella carissima* (en rocas), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Knefastia dalli* (en fangos), *Leptopecten palmeri*, *Lucina (Callucina) lampra*, *L. lingualis*, *Mulinia coloradoensis* (restringida a aguas del golfo), *Muricopsis armatus* (zona litoral bajo rocas), *Nymphispira nymphia* (zona litoral rocosa), *Panopea globosa* (puede encontrarse en la costa o hasta 60 m), *Polycera alabe* (rara), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *Pyrgocythara scammoni* (línea de marea), *Recluzia palmeri* (zona costera), *Semele (Amphidesma) junonia*, *Solenosteira capitanea*, *Transennella humilis*, *Tricolia variegata* (litoral rocoso), *Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de crustáceos como el cangrejo *Petrolisthes schmitti*; hábitat y refugio de peces como *Anchoa helleri*, *A. nasus*,

Bairdiella icistia, Cynoscion xanthulus, Eleotris picta, Gasterosteus aculeatus, Gillichthys mirabilis, Gobiesox pinniger, Gobiosoma chiquita, Ictalurus pricei, Micropogon megalops, Mugil cephalus, Pantosteus clarki; de reptiles y anfibios como las iguanas del desierto *Callisaurus draconoides, Dipsosaurus dorsalis sonoriensis*, el monstruo de Gila *Heloderma suspectum, Phrynosoma solare;* de aves el gorrión sabanero *Passerculus sandwichensis rostratus*, el pelícano *Pelecanus erythrorhynchus*, el rascador desértico *Pipilo crissalis*, el cuitlacoche piquicorto *Toxostoma bendirei* y el cuitlacoche pálido *Toxostoma lecontei*; de mamíferos el coyote *Canis latrans*, el castor *Castor canadensis*, el lince *Lynx rufus*, el venado bura *Odocoileus hemionus* y las zorras *Urocyon cinereoargenteus* y *Vulpes macrotis*. Especies endémicas: de peces *Catostomus insignis*, la totoaba *Cynoscion macdonaldi*, el perrito del desierto *Cyprinodon macularis*, *Gila intermedia*, la carpita cola redonda *G. robusta*; de aves el palmoteador de yuma *Rallus longirostris yumanensis*. Todas estas especies junto con las *aves Falco peregrinus, Haliaeetus leucocephalus, Passerculus sandwichensis rostratus* y *Sterna antillarum* se encuentran amenazadas por pérdida de hábitat y contaminación. Especies extirpadas: de peces *Gila elegans, Ptychocheilus lucius, Rhinichthys osculus, Tiaroga cobitis, Xyrauchen texanus*. El delta del Río Colorado representa una zona de alta productividad y hábitat de gran importancia por ser zona de reproducción, desove y crianza de especies marinas.
Aspectos económicos: recursos de geotermia, agricultura intensiva, cacería ilegal de aves migratorias, acuicultura, ganadería extensiva, pesca y ecoturismo.
Problemática:

Modificación del entorno: salinización de los acuíferos y degradación de los suelos, formación de canales. Reducción del aporte y calidad de agua dulce y cambios hidrodinámicos en la cuenca baja por el represamiento del río Colorado, que también tiene efectos a distancia. Cambio de uso de suelo para agricultura.

Contaminación: por agroquímicos y descargas industriales y urbanas. En el valle Imperial se vierten contaminantes de todo tipo al río provenientes de los distritos de riego de Arizona y del valle de San Luis en México.

Uso de recursos: reducción de fauna y flora; introducción de especies exóticas como *Cyprinella lutrensis* e *Ictalurus punctatus*; prácticas de pesca destructivas; sobrexplotación y mal manejo del agua (represas).

Conservación: preocupa el abatimiento de acuíferos, la calidad de los suelos y el agua. Se requiere restablecer la calidad del agua en río Colorado, los acuíferos y proponer un derecho de cuotas de agua dulce. Faltan estudios de la vegetación acuática y fauna de la Ciénega de Sta. Clara. No hay reporte de endemismos de insectos acuáticos de la región. Aves migratorias en riesgo. Existe constante violación a las disposiciones de regulación en la Reserva por falta de vigilancia. Comprende parte de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. El Delta del Río Colorado está considerado como humedal prioritario por el North American Wetlands Conservation Council y por la Convención de Ramsar.
Grupos e instituciones: Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; Centro de Investigación Científica y Tecnológica, UNISON; Universidad Autónoma de Baja California; Universidad de Sonora; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - Guaymas; Universidad de Arizona; Universidad de California, Conservación Internacional.

12. SUBCUENCA DEL RÍO ASUNCIÓN

Estado(s): Sonora — Extensión: 6 696.4 km^2
Polígono: Latitud 31°25'12" - 30°37'48" N
Longitud 111°34'12" - 110°20'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: represas, oasis.
lóticos: ríos Seco, Asunción y Altar, arroyos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: sierras Cibuta, La Joroba, del Humo, La Gloria. Suelos de tipo Regosol, Yermosol, Fluvisol y Litosol.

Características varias: clima semiseco templado y seco semicálido con lluvias en verano y escasas en invierno; temperatura media anual de 14-18°C. Precipitación total anual entre 300-500 mm.

Principales poblados: Nogales, Magdalena de Kino, Santa Ana.

Actividad económica principal: ganadería.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral desértico rosetófilo, cardonal, bosque de pino, pastizal natural-huizachal, pastizal inducido. Especies amenazadas: de peces *Agosia chrysogaster, Catostomus insignis, Cyprinodon macularis, Gila ditaenia, G. eremica, G. robusta, Poeciliopsis occidentalis, Rhinichthys osculus;* de reptiles y anfibios *Bufo retiformis, Crotalus willardi* y *Lampropeltis pyromelana.*

Aspectos económicos: ganadería.

Problemática:

Modificación del entorno: fragmentación del hábitat por actividades ganaderas (hay cercas que impiden el paso de los animales).

Contaminación: por aguas residuales domésticas.

Uso de recursos: pastizales para ganado.

Conservación: ninguna.

Grupos e instituciones: ND.

13. SUBCUENCAS DEL RÍO SAN PEDRO Y RÍO STA. CRUZ

Estado(s): Sonora **Extensión:** 2 810.66 km^2

Polígono: Latitud 31°21'00" - 30°56'24" N
Longitud 111°06'36" - 109°52'48" W

Recursos hídricos principales

lénticos: embalses.

lóticos: ríos San Pedro y Sta. Cruz, ríos temporales, arroyos.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: rodeada por las montañas de Arizona y Sierra Madre Occidental (sierras El Pinito, Azul, La Madera, El Manzanal, Los Ajos). Suelos de tipo Regosol, Litosol, Feozem y Cambisol.

Características varias: clima semiseco templado y seco semicálido con lluvias en verano y escasas en invierno; temperatura media anual de 14-18°C. Precipitación total anual entre 400 y 600 mm.

Principales poblados: Cananea, Nogales, Agua Prieta.

Actividad económica principal: minería, silvicultura, agricultura y ganadería.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: pastizal, bosque de encino, de pino-encino. Fauna característica: Presencia de águila real *Aquila chrysaetos,* de lince *Lynx rufus,* de puma *Puma concolor* y de oso negro *Ursus americanus.* Endemismo de reptiles *Crotalus willardi* y *Lampropeltis pyromelana.* Especies amenazadas: de peces *Agosia chrysogaster, Catostomus clarki, C. insignis, Cyprinodon macularis, Gila intermedia, Tiaroga cobitis;* de anfibios *Bufo retiformis, Rana chiricahuensis, R. forreri, R. maculata* y *R. toromorde,* estas últimas indicadoras de integridad.

Aspectos económicos: recursos mineros (cobre), agricultura (algodón), silvicultura y ganadería.

Problemática:

Modificación del entorno: por la infraestructura minera y el sobrepastoreo en los pastizales.

Contaminación: por desechos mineros en Cananea y contaminación de los arroyos por aguas negras.

Uso de recursos: el pastizal para ganado.

Conservación: preocupan los residuos mineros que alteran los sistemas asociados; se necesitan planes de manejo para la industria minera. Faltan conocimientos limnológicos de la región.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad de Occidente; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Sonora; Universidad de Arizona.

14. ISLA TIBURÓN - RÍO BACOACHI

Estado(s): Sonora **Extensión:** 10 027.41 km²

Polígono: Latitud 30°06'00" - 24°85'00" N

Longitud 112°34'48" - 111°06'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: Presa Abelardo Rodríguez, lagunas.

lóticos: ríos Bacoahi, El Zanjón, San Miguel de Horcasitas y Sonora, arroyos temporales, manantiales.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: sierra Seri. Suelos de tipo Regosol, Fluvisol, Yermosol y Litosol.

Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en verano y algunas en invierno. Temperatura media anual de 20-26°C. Precipitación total anual hasta 300 mm.

Principales poblados: Hermosillo, Bahía Kino, San Miguel de Horcasitas, Bacoachi, Punta Chueca.

Actividad económica principal: agricultura, ganadería extensiva, porcicultura y pesca.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: manglares, marismas, matorral sarcocaule, mezquital, matorral desértico micrófilo y halófitas. Diversidad de hábitats: lagunas, ríos, acantilados, humedales y playas. Fauna carácterstica: de moluscos como *Acanthochitona arragonites* (parte lateral de las rocas de litoral), *A. exquisita* (bajo rocas), *Acanthodoris pina* (línea de marea), *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Chaetopleura euryplax* (bajo rocas en fango), *C. mixta* (zona litoral), *C. syhana* (litoral), *Chama venosa, Chiton virgulatus* (bajo rocas, zona litoral), *Collisella stanfordiana* (litoral), *Dendrodoris krebsii* (raro al oeste de BC, y común en costas del centro y sur), *Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Euclathurella carissima* (en rocas), *Fusinus (Aptyxis) cinereus* (sobre rocas), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Fusinus (Fusinus) fredbakeri, Knefastia dalli* (en fangos), *Lepidozona clathrata* (bajo rocas), *L. serrata* (bajo rocas y pierdas), *Leptopecten palmeri, Lucina (Callucina) lampra, L. lingualis, Macoma (Rexithaerus) indentata, Muricopsis armatus* (zona litoral bajo rocas), *Nucinella subdola, Pitar (Hyphantosoma) pollicaris, Polycera alabe* (rara), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *P. saavedrai, Pyrgocythara scammoni* (línea de marea), *Semele (Amphidesma) junonia, Stenoplax conspicua sonorana* (bajo rocas), *Tellina (Angulus) coani, Terebra allyni, T. iola, Transennella humilis, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de crustáceos los cangrejos del fango *Cataleptodius occidentalis, Eurypanopeus planus* y *Xanthodius sternberghii*, los cangrejos araña *Ala cornuta, Herbstia camptacantha* y *Thoe sulcata*, los cangrejos porcelana *Petrolisthes gracilis, P. hirtipes* y *P. tiburonensis*, los cangrejos hermitaños *Clibanarius digueti* y *Paguristes anahuacus*, los camarones pistola *Alpheus hyeyongae, A. umbo* y *A. canalis*; de peces *Campostoma ornatum, Cyprinodon macularis, Gila eremica, G. purpurea*; de reptiles y anfibios los sapos manchado *Bufo punctatus* y verde de Sonora *Bufo retiformis*, las tortugas jabalina *Caretta caretta*, blanca *Chelonia mydas*, siete filos *Dermochelys coriacea*, carey *Eretmochelys imbricata*, golfina *Lepidochelys olivacea* y *Masticophis bilineatus slevini;* de aves el cacomixtle *Bassariscus astutus*, el pato canadiense *Branta canadensis*, el saltaparedes de los cactus *Campylorhynchus brunneicapillus*, el ratón *Chaetodipus Intermedius intermedius*, el carpintero amarillo *Colaptes auratus*, la tortolita *Columbina passerina*, el pato buzo *Gavia arctica*, el pelícano pardo *Pelecanus occidentalis*, el ave del trópico *Phaethon aethereus*, la viejita *Pipilo fuscus*, la golondrina marina *Sterna antillarum*, los bobos patas cafés *Sula leucogaster* y azules *S. nebouxii*, el pato nocturno de Craveri *Synthliboramphus craveri;* de mamíferos el coyote *Canis latrans*, la rata canguro *Dipodomys merriami*, la rata nopalera *Neotoma albigula*, el ratón del cactus *Peromyscus eremicus*, la ardilla de roca *Spermophilus variegatus* y la ardilla cola redondeada *S. tereticaudus*, la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*. Especies endémicas: de peces *Catostomus wigginsi* y *Gila ditaenia*; de aves el colibrí peninsular *Hylocharis xantusii*; de mamíferos los ratones de abazones *Chaetodipus baileyi insularis* y *C. penicillatus seri*. Especies amenazadas: de peces *Agosia chrysogaster, Campostoma ornatum, Catostomus bernardini* (probablemente extirpada), *Poeciliopsis occidentalis*; de reptiles y anfibios la víbora de cascabel *Crotalus molossus estebannensis*, la tortuga del desierto *Gopherus agassizi*, la coralillo *Micruroides euryxanthus*, la iguana de San Esteban *Sauromalus variusel;* de aves el halcón peregrino *Falco peregrinus*, de mamíferos la rata nopalera *Neotoma albigula seri*, el venado bura *Odocoileus hemionus* y el ratón *Peromyscus stephani*. Presenta zonas de ocurrencia de especies endémicas y en peligro de extinción; áreas de reproducción y crianza de especies marinas, alta diversidad de invertebrados acuáticos, áreas de

anidación y zonas de alta productividad biológica. En la isla existe una población establecida de borrego cimarrón *Ovis canadensis* constituida a partir de algunos ejemplares introducidos de Sonora.
Aspectos económicos: agricultura de riego, porcicultura, pesca y turismo potencial.
Problemática:

Modificación del entorno: crecimiento demográfico y desarrollo turístico no controlado, cambio de uso de suelo para agricultura.

Contaminación: por agroquímicos y descargas domésticas. Contaminación de las aguas del río Sonora por desechos de granjas porcícolas.

Uso de recursos: introducción de especies exóticas a la isla, sobrexplotación pesquera. sobrexplotación de palo fierro y mezquite para la producción de carbón. Actividad cinegética no regulada.

Conservación: preocupa el abatimiento de acuíferos y el mal manejo del agua. Faltan conocimientos limnológicos en la región. Isla Tiburón está considerada Reserva especial de la Biosfera desde 1963.
Grupos e instituciones: Universidad de Sonora; Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Occidente; Instituto Nacional de Ecología; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - Guaymas; Centro Ecológico de Sonora; Prescott College; Secretaría de Marina.

15. CAJÓN DEL DIABLO

Estado(s): Sonora **Extensión:** 2 784.93 km^2
Polígono: Latitud 28°37'48" - 27°50'24" N
Longitud 11°27'36" - 110°48'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: aguajes.

lóticos: estero de Tastiola, ríos, arroyos temporales, manantiales.

Limnología básica: debido al desequilibrio en la explotación acuífera, se presenta una fuerte tendencia a la salinización de suelos.
Geología/edafología: zonas montañosas, valles, riberas, islas, esteros y bahías. Rocas ígneas y sedimentarias. Suelos de tipo Litosol, Yermosol, Regosol y Vertisol.
Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en verano e invierno. Temperatura media anual de 20-24°C. Precipitación total anual hasta 300 mm.

Principales poblados: Guaymas, Empalme.

Actividad económica principal: pesca ribereña o artesanal, camaronicultura, agricultura, ganadería extensiva y ecoturismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: manglares, vegetación halófila, matorral xerófilo, matorral sarcocaule (cubre un 60% del área), mezquital, matorral desértico micrófilo. Flora característica: alta biodiversidad en plantas como *Agave felgeri, A. chrysoglossa, A. colorata, Fouquieria digueti, Opuntia reflexispina, Pithecellobium confine, Viguiera laciniata, Washingtonia robusta.* Fauna característica: alta diversidad de invertebrados acuáticos; de moluscos como *Acanthochitona arragonites* (parte lateral de las rocas), *A. exquisita* (bajo rocas), *Aligena obliqua, Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calliclava palmeri* (en arena fina), *Calliostoma marshalli* (zonas de marea baja), *Cerithidea albonodosa* (zona litoral), *Chaetopleura euryplax* (bajo rocas en fango), *C. mixta* (zona litoral), *Chelidonura polyalphos* (fango de litorales), *Chione (Chionista) cortezi* (zona litoral), *Chiton virgulatus* (bajo rocas, zona litoral), *Collisella acutapex* (zona litoral), *C. stanfordiana* (zona litoral), *Coralliophila macleani, Crassispira (Monilispira) pluto* (litoral rocoso), *Decipifus gracilis, Doris pickensi* (litoral rocoso), *Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Euclathurella carissima* (en rocas), *Fusinus (Aptyxis) cinereus* (sobre rocas), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Fusinus (Fusinus) fredbakeri, Haplocochlias lucasensis, Knefastia dalli* (en fangos), *Lepidozona clathrata* (bajo rocas), *L. subtilis* (en rocas), *Leptopecten palmeri, Littorina albicarinata* (en cavidades, junto a balanos), *Lucina (Callucina) lampra, L. lingualis, Macoma (Rexithaerus) indentata, Mitra (Strigatella) sphoni, Morula (Morunella) ferruginosa* (zona litoral, bajo rocas), *Murexiella laurae* (en fondos de grava), *M. mildredae, Muricopsis armatus* (zona litoral bajo rocas), *Nassarina (Cigclirina) helenae,*

Nassarina (Steironepion) tincta, Nassarina (Zanassarina) anitae, Nassarina (Zanassarina) atella, Nassarius guaymasensis (zona litoral), *Nucinella subdola, Nymphispira nymphia* (zona litoral rocosa), *Orobitella obliqua, Pazinotus advenus* (en fondos fangosos, suelos de roca y conchas pequeñas), *Pitar (Hyphantosoma) pollicaris, Pseudochama inermis* (zona litoral), *P. saavedrai, Radsiella tridentata* (abundante en rocas), *Semele (Amphidesma) junonia, Serpulorbis oryzata, Stenoplax conspicua sonorana* (bajo rocas), *Tellina (Angulus) coani, Tellina (Angulus) guaymasensis, Terebra allyni, T. iola, Typhis (Typhisopsis) grandis, Transennella humilis, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso), *Vitrinella guaymasensis;* de peces *Campostoma ornatum, Gila ditaenia, Poecilia buttleri, Poeciliopsis occidentalis;* de reptiles y anfibios la boa *Boa constrictor*, el sapo verde de Sonora *Bufo retiformis*, las tortugas caguama *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, laúd *Dermochelys coriacea* y del desierto *Gopherus agassizi*, el monstruo de Gila *Heloderma suspectum*, la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea*, todas amenazadas y en peligro; de aves *Anas acuta*, el águila real *Aquila chrysaetos*, la lechuza de madriguera *Athene cunicularia*, el ganso canadiense *Branta canadensis*, el halcón pálido *Falco mexicanus*, el halcón peregrinus *F. peregrinus*, la gaviota ploma *Larus heermanni*, la cigüeña americana *Mycteria americana*, los paiños *Oceanodroma melania* y *O. microsoma*, el aguililla rojinegra *Parabuteo unicinctus*, el chipe-suelero charquero *Seiurus noveboracensis*, la golondrina marina *Sterna elegans*, el bobo patiazul *Sula nebouxii*, el vireo gris *Vireo vicinior*, todas amenazadas; de mamíferos el venado bura *Odocoileus hemionus*, el venado cola banca *O. virginianus*, los ratones *Peromyscus boylii* y *P. pembertoni*. Alto endemismo en plantas como *Acacia willardiana, Echinocereus websterianus, Mammillaria multidigitata* y *M. tayloriorum*, el mezquite *Prosopis articulata*, la mayoría amenzadas; de aves el gorrión sonorense *Aimophila carpalis* y el gorrión concorrayas *A. quinquestriata;* de mamíferos como el murciélago *Myotis yumanensis* y el chichimoco *Tamias dorsalis sonorensis*. Existe una de las pocas colonias de anidación de la golondrina marina *Sterna antillarum*. Alta diversidad de hábitats en los cañones En el Nacapule donde crece *Psilotum nudum*, las Barajitas y otros grandes cañones de la sierra El Aguaje donde las condiciones de suelo y humedad han dado lugar a una flora con elementos claramente tropicales. El área cercana a Guaymas presenta vegetación afín al distrito de Comondú en Baja California como el cirio *Fouquieria columnaris* y el palo blanco *Lysiloma candida* y la Bahía San Pedro cuya flora se caracteriza por ser extremadamente anómala con elementos de Baja California como *Acacia californica, Carlowrightia fimbriata, Ficus petiolaris* var. *palmeri, Glaucothea armata* y *Lysiloma candida*, asociadas con especies de características sonorenses.

Aspectos económicos: agricultura de riego, pesquerías de camarón, de especies finas de escama, corridas de tiburón, sierra y jureles; ganadería y ecoturismo.

Problemática:

Modificación del entorno: sobrepastoreo, daño por embarcaciones camaroneras y por turismo.

Contaminación: por agroquímicos y descargas domésticas.

Uso de recursos: extracción de leña, pesquerías y camaronicultura.

Conservación: preocupa el abatimiento de acuíferos y el mal manejo del agua. Faltan conocimientos limnológicos en la región. Urge terminar el programa de manejo de esta reserva. Es Reserva Especial de la Biosfera desde 1937.

Grupos e instituciones: Universidad de Sonora; Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Occidente; Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.; Centro Ecológico de Sonora.

16. RÍO YAQUI - CASCADA BASASEACHIC

Estado(s): Sonora y Chihuahua — Extensión: 54 716.52 km^2

Polígono: Latitud 30°59'24" - 27°03'00" N

Longitud 110°36'00' - 107°02'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presas Álvaro Obregón, Plutarco Elias Calles y La Angostura, pantanos dulceacuícolas, estuarios, charcas temporales, llanuras de inundación, brazos de ríos abandonados, lagos.

lóticos: ríos Yaqui, Cocopaque, Bavispe, Moctezuma, Chico, Tecoripa, Papigochic, Sahuaripa, arroyos, manantiales termales.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: comprende las sierras de Bacatete, la Ventana, Baroyeca, el Encinal, La Sebastiana, Mazatán, las Palomas, las Guijas, la Madera, Buenos Aires, el Tigre; rocas ígneas. Suelos de tipo Litosol, Xerosol, Regosol, Vertisol, Solonchak, Cambisol, Fluvisol y Luvisol.
Características varias: climas semiseco muy cálido y cálido, semiseco semicálido, secos muy cálidos y cálidos con lluvias en verano y algunas en invierno. Temperatura media anual de 16-26°C. Precipitación total anual entre 200-700 mm.

Principales poblados: Cd. Obregón, Moctezuma, Villa Hidalgo, Mazatán, Yaqui, Vicam.

Actividad económica principal: forestal, agrícola, ganadera, pesquera, minera y ecoturismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosque espinoso, pastizal, bosques de coníferas, de pino-encino, de tascate, mesófilo, manglares, vegetación riparia, matorral xerófilo, manchones aislados de selva baja caducifolia. Región con una alta riqueza específica. Fauna característica: de moluscos *Acanthochitona arragonites* (parte lateral de las rocas de litoral), *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Coralliophila macleani, Doris pickensi* (litoral rocoso), *Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Leptopecten palmeri, Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Steironepion) tincta, Nassarina (Zanassarina) atella, Terebra allyni, T. iola, Transennella humilis, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de peces *Awaous banana, Campostoma ornatum, Catostomus plebeius, Codoma ornata, Cyprinella formosa, C. ornata, Eleotris picta, Gila eremica, G. robusta, Gila* sp., *Gobiomorus maculatus, Hyporhamphus rosae, Lepomis macrochirus, Ophisternon aenigmaticum, Pimephales promelas, Poecilia latipinna, Poeciliopsis occidentalis, P. prolifica, Pomoxis nigromaculatus*; de aves *Ajaia ajaja, Anas crecca, A. platyrhynchos, Ardea herodias, Bubulcus ibis, Bucephala albeola, Casmerodius albus, Eudocimus albus, Haematopus palliatus, Limosa fedoa, Nycticorax violacea, Pachyramphus aglaiae, Recurvirostra americana, Strix occidentalis*. Endemismo de plantas *Acacia willardiana*; de insectos como *Apodemia hepburni, A. phyciodioides, Enchioe guaymasensis, Texola elada;* de peces *Catostomus* sp., *Gila purpurea*; de aves *Campephilus imperialis, Euptilotis neoxenus, Rhynchopsitta pachyrhyncha*. Especies amenazadas de peces *Agosia chrysogaster, Catostomus bernardini* (probablemente extirpada), *C. cahita, C. leopoldi, Gila purpurea, Ictalurus pricei, Oncorhynchus* sp., *Poeciliopsis occidentalis*; de aves *Anas acuta, A. discors,* águila real *Aquila chrysaetos*, guacamaya verde *Ara militaris, Aythya affinis, Campephilus imperialis, Euptilotis neoxenus, Larus heermanni, Rhynchopsitta pachyrhyncha, Strix occidentalis*; de mamíferos la nutria *Lutra longicaudis annectens*, el lince *Lynx rufus*, el venado bura *Odocoileus hemionus*, el puma *Puma concolor*, el jabalí *Pecari tajacu*, el oso *Ursus americanus*, por desecación de ríos, cacería, pérdida y degradación del hábitat. Ruta de aves migratorias. Área de anidación de la cotorra serrana occidental *Rhynchopsitta pachyrhyncha* y *Accipiter gentilis*. Representa a la zona límite norte de especies de origen neotropical y sur de especies boreales.
Aspectos económicos: agricultura intensiva, pesca, ganadería extensiva, minería (tungsteno, cobre, fierro, plata, zinc y plomo), actividad forestal y ecoturismo. Pesquerías de carpa común *Cyprinus carpio*, mojarra *Lepomis megalotis*, langostino *Macrobrachium americanum*, lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana*. Generación de energía eléctrica y acuicultura.
Problemática:

Modificación del entorno: construcción de presas y sistemas hidráulicos para control de avenidas, generación de energía eléctrica y riego, explotación forestal, sobrepastoreo y construcción de carreteras. Desmontes y desvío de corrientes. Desertificación en algunas zonas. Desarrollo turístico en la parte alta de la cascada de Basaseachic.

Contaminación: por abuso de agroquímicos en la planicie costera, desechos mineros en los altos, uso de herbicidas en campañas antinarcóticos, descargas domésticas y residuales.

Uso de recursos: especies introducidas: carpa dorada *Carassius auratus*, matalote *Carpiodes carpio*, lirio acuático *Eichhornia crassipes*, bagre azul *Ictalurus furcatus*, mojarra *Lepomis megalotis*, lobina negra *Micropterus salmoides*, trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana*. Caza furtiva y extracción de leña.

Conservación: preocupa la contaminación, el sobrepastoreo, la alteración del patrón hidrológico, la alteración de la calidad del agua en la planicie costera, la intrusión salina, la erosión de la cuenca, azolvamiento de las costas y la erosión en la costa por presas. Se requiere del derecho de uso de cuotas de agua para los sistemas limnológicos, la recarga de acuíferos y un equilibrio en el aporte de sedimentos provenientes de

las tierras agrícolas a los humedales. Faltan conocimientos de la flora y la fauna, aplicación plena de la legislación sobre el uso de plaguicidas, empleo de alternativas en control de plagas; problemas de acceso por narcotráfico y uso permitido de plaguicidas en campañas antinarcóticos.
Grupos e instituciones: Universidad de Sonora; Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Occidente; Universidad Autónoma Metropolitana; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; Universidad Autónoma de Chihuahua; Universidad de Durango.

17. RÍO MAYO

Estado(s): Sonora y Chihuahua — Extensión: 14 895.44 km^2
Polígono: Latitud 28°27'00" - 26°40'12" N
Longitud 109°53'24" - 108°03'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presa, pantanos, estuarios, charcas temporales, llanuras de inundación, brazos de ríos abandonados.
lóticos: ríos Mayo, Moris y Cedros, arroyos, manantiales termales.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: sierras cercanas de Chirinivo, San Ignacio, Calabazas y San Luis. Rocas de tipo sedimentario con suelos Yermosol, Regozol, Cambisol y Litosol.
Características varias: clima seco semicálido, semiseco semicálido, semiseco muy cálidos y cálidos y semicálido subhúmedo con lluvias en verano y algunas en invierno. Temperatura media anual de 10-26°C. Precipitación total anual entre100-1000 mm en las partes altas.
Principales poblados: Navojoa.
Actividad económica principal: forestal, agrícola y pesquera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: manglares, vegetación de dunas costeras, vegetación riparia, matorral sarcocaule, mezquital, selva baja caducifolia, pastizal inducido, bosques de encino, de pino-encino y pino. Fauna característica: de moluscos *Acanthochitona arragonites* (parte lateral de las rocas), *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Coralliophila macleani, Donax contusus, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Leptopecten palmeri, Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Steironepion) tincta, Nassarina (Zanassarina) atella, Terebra allyni, T. iola, Transennella humilis, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de peces *Catostomus plebeius, Gila* sp., *Hyporhamphus rosae*; de aves *Anas clypeata, A. crecca, Calidris mauri, C. minutilla, Catoptrophorus semipalmatus, Limosa fedoa.* Endemismo de peces: *Catostomus* sp., *Poeciliopsis monacha.* Especies amenazadas: de peces *Agosia chrysogaster, Catostosmus bernardini, C. cahita, Ictalurus pricei, Oncorhynchus* sp., *Poeciliopsis occidentalis;* de aves *Anas acuta, A. discors, Egretta rufescens* por desecación de ríos y degradación del hábitat. Corredor de aves migratorias.
Aspectos económicos: agricultura, pesca, acuicultura y actividad forestal. Pesquerías de bagre *Ictalurus punctatus*, langostinos *Macrobrachium americanum, M. tenellum,* lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana.* Generación de energía eléctrica. Turismo de bajo impacto.
Problemática:
Modificación del entorno: construcción de presas y sistemas hidráulicos para control de avenidas, generación de energía eléctrica y riego; explotación forestal y construcción de carreteras. Desmontes y desvío de corrientes.
Contaminación: por abuso de agroquímicos en la planicie costera, desechos mineros en los altos; uso de herbicidas en campañas antinarcóticos, desechos domésticos y descarga de aguas residuales. Descarga de químicos, metales y pesticidas en los sistemas lagunares.
Uso de recursos: especies introducidas de lirio acuático *Eichhornia crassipes*, bagre *Ictalurus punctatus*, lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana.*
Conservación: preocupa la alteración del patrón hidrológico y de la calidad del agua en la planicie costera; la erosión de la cuenca y azolvamiento de las costas; la erosión en la costa por presas y la intrusión salina. Se requiere del derecho de uso de agua para los sistemas limnológicos, la recarga de acuíferos, cuotas de se-

dimentos para mitigar la erosión costera y un equilibrio en el aporte de sedimentos provenientes de las tierras agrícolas a los humedales. Faltan conocimientos de la flora y la fauna, aplicación plena de la legislación sobre el uso de plaguicidas, empleo de alternativas en control de plagas; problemas de acceso por narcotráfico y uso permitido de plaguicidas en campañas antinarcóticos. Se recomienda continuar y ampliar el control de malezas acuáticas.
Grupos e instituciones: Universidad de Sonora; Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Occidente; UAM; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; Universidad Autónoma de Chihuahua; Universidad de Durango.

18. CUENCA ALTA DEL RÍO FUERTE

Estado(s): Sinaloa, Sonora y Chihuahua **Extensión:** 24 529.52 km^2
Polígono: Latitud 27°45'36"- 25°53'24" N
Longitud 109°00'36" - 106°16'12" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presa Miguel Hidalgo, Josefa Ortiz de Domínguez, pantanos dulceacuícolas, charcas temporales, llanuras de inundación, brazos de ríos abandonados.
lóticos: ríos Fuerte, San Miguel, Los Loera, Choix, Álamos, Chinipas, Urique y Verde, arroyos, estuarios.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: sierras circundantes: Gepar, Mazonaivo y Cordón del Diablo; suelos de tipo Feozem, Litosol y Regosol.
Características varias: climas semiseco semicálido, muy cálido y cálido, templado subhúmedo con lluvias en verano y algunas en invierno; semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 16-26°C. Precipitación total anual 500-1 000 mm.
Principales poblados: Guachochi, Choix, El Fuerte, Álamos, La Cieneguita, Mezquite.
Actividad económica principal: forestal, agrícola y acuicultura.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja caducifolia, vegetación riparia, bosques de encino, de pino, de pino-encino y tropical caducifolio. Fauna característica: de peces *Atherinella elegans, Campostoma ornatum, Catostomus plebeius, Codoma ornata, Cyprinella ornata, Gila robusta, Ophisternon aenigmaticum*; de mamíferos el puma *Puma concolor*. Endemismo del crustáceo *Pseudothelphusa sonorensis;* de peces *Poeciliopsis latidens* y *P. lucida*. Especies amenazadas: de peces *Agonostomus monticola, Catostomus bernardini, Gobiesox fluviatilis, Ictalurus pricei, Oncorhynchus chrysogaster, Poecilia butleri, Poeciliopsis latidens, Oncorhynchus* spp. (dos especies de trucha no descritas) y la nutria *Lutra longicaudis annectens* por desecación de ríos, cacería y degradación del hábitat. Límite sur de la fauna boreal.
Aspectos económicos: agricultura (candelilla y orégano), acuicultura y actividad forestal. Pesquerías de bagre de canal *Ictalurus punctatus*, langostinos *Macrobrachium americanum* y *M. rosenbergii*, lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana*. Generación de energía eléctrica.
Problemática:
Modificación del entorno: construcción de presas y sistemas hidráulicos para control de avenidas, generación de energía eléctrica y riego; explotación forestal y construcciones de carreteras. Desmontes y desvío de corrientes.
Contaminación: por abuso de agroquímicos en la planicie costera, desechos mineros en la cuenca alta; uso de herbicidas en campañas antinarcóticos, descargas domésticas y residuales.
Uso de recursos: especies introducidas: lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia azul *Oreochromis aureus*, rana *Rana catesbeiana*, langostino *Macrobrachium rosenbergi* y lirio acuático *Eichhornia crassipes*.
Conservación: preocupa la alteración del patrón hidrológico y de la calidad del agua en la planicie costera, la intrusión salina, la erosión de la cuenca, el azolvamiento de las costas y la erosión en la línea de costa por las presas. Se requiere del derecho de uso de agua para los sistemas limnológicos, la recarga de acuíferos, cuotas de sedimentos para mitigar la erosión costera y un equilibrio en el aporte de sedimentos provenientes de las tierras agrícolas a los humedales. Faltan conocimientos de la flora y la fauna, aplicación ple-

na de la legislación sobre el uso de plaguicidas, empleo de alternativas en control de plagas; problemas de acceso por narcotráfico y uso permitido de plaguicidas en campañas antinarcóticos. Se recomienda continuar y ampliar el control de malezas acuáticas.
Grupos e instituciones: Universidad de Sonora; Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Occidente; Universidad Autónoma Metropolitano; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; Universidad Autónoma de Chihuahua; Universidad de Durango.

19. BAHÍA DE OHUIRA - ENSENADA DEL PABELLÓN

Estado(s): Sinaloa **Extensión:** 4 433.79 km^2
Polígono: Latitud 25°45'36" - 24°18'36" N
Longitud 109°10'12" - 107°22'12" W

Recursos hídricos principales
lénticos: llanuras de inundación, pantanos dulceacuícolas, lagunas, esteros.
lóticos: ríos Culiacán, Sinaloa y Mocorito (cuencas bajas), ríos temporales, arroyos, drenes agrícolas.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: rocas sedimentarias con suelos de tipo Regosol, Litosol y Yermosol.
Características varias: clima muy seco semicálido con lluvias en verano y algunas en invierno. Temperatura media anual de 22-24°C. Precipitación total anual 200-600 mm.
Principales poblados: Topolobampo, Guasave, Los Mochis.
Actividad económica principal: agricultura (ingenios azucareros, algodón), pesca (camarón, lisa, cazón, tiburón), salinas, conservación y enlatado de mariscos, empacadora de frutas, legumbres y carne.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: manglar, tular, bosque espinoso, vegetación halófita, matorral sarcocaule, selva baja caducifolia, vegetación de dunas costeras. Fauna característica: de moluscos *Acanthochitona arragonites* (parte lateral de las rocas), *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Bernardina margarita, Coralliophila macleani, Cyathodonta lucasana, Dendrodoris krebsii* (raro al oeste de BC y común en costas del centro y sur), *Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fusinus (Fusinus) ambustus* (zonas arenosas), *Leptopecten palmeri, Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Steironepion) tincta, Nassarina (Zanassarina) atella, Neorapana tuberculata* (litoral rocoso), *Nucinella subdola, Plicatula anomioides* (en superficies rocosas), *Polymesoda mexicana, Pseudochama inermis* (zona litoral), *Rangia (Rangianella) mendica* (zonas de mangle y rompeolas), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Terebra allyni, T. iola, Transennella humilis, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de peces *Atherinella crystallina, Awaous transandeanus, Hyporhamphus rosae;* de aves *Anas acuta, A. clypeata, Anser albifrons, Aythya affinis, A. americana, Bucephala albeola, Fregata magnificens, Fulica americana, Mergus serrator, Pelecanus erythrorhynchos, P. occidentalis.* Endemismo de plantas costeras; de peces *Poeciliopsis lucida, P. presidionis, P. viriosa*; del crustáceo *Pseudothelphusa sonorensis*. Especies amenazadas del pez *Catostomus bernardini, Oncorhynchus chrysogaster;* del reptil *Crocodylus acutus*; de aves *Anas acuta, Charadrius melodus, Larus heermanni,* por reducción y pérdida del hábitat, cacería y contaminación. Área de refugio de aves migratorias.
Aspectos económicos: agricultura de riego y temporal, acuicultura, pesquerías de langostinos *Macrobrachium americanum* y *M. tenellum,* tilapia azul *Oreochromis aureus,* camarones *Penaeus vannamei* y *P. stylirostris*; transporte del puerto de Topolobampo; turismo de bajo impacto.
Problemática:
Modificación del entorno: por agricultura intensiva, construcción de presas, deforestación, azolvamiento acelerado por las tierras agrícolas, desecación de pantanos y canales para uso agrícola.
Contaminación: por trampas de agroquímicos y descargas de ingenios, aguas residuales domésticas y metales pesados.
Uso de recursos: especies de Anátidos y Ardeidos en riesgo. Especies introducidas de lirio acuático *Eichhornia crassipes* y tilapia azul *Oreochromis aureus.* Los manglares actúan como filtro de agroquímicos y metales pesados.
Conservación: preocupa el azolvamiento asociado con la reducción del hábitat, la alteración de la calidad

del agua por actividades agropecuarias y domésticas, así como la posibilidad de problemas de ingestión de plomo (municiones). Se necesita un control de azolves, mejorar la calidad del agua y derecho de cuotas de agua, controlar la dinámica de agroquímicos e inventarios de flora y fauna acuáticas.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Occidente.

20. CUENCA ALTA DE LOS RÍOS CULIACÁN Y HUMAYA

Estado(s): Durango y Sinaloa **Extensión:** 10 367.54 km^2
Polígono: Latitud 26°03'36" - 24°48'00" N
Longitud 107°16'12" - 105°50'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presas Adolfo López Mateos y Sanalona, pantanos dulceacuícolas, charcas temporales, llanuras de inundación, brazos de río abandonados.

lóticos: ríos Culiacán, Tamazula, Humaya y Badiraguato, arroyos.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: sierra El Chancote, quebradas, cañadas y laderas; suelos de tipo Regosol, Litosol, Feozem y Castañozem.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, semicálido subhúmedo con lluvias en verano y semiseco semicálido en su parte más baja. Temperatura media anual 12-24°C. Precipitación total anual de 600-1 200 mm.

Principales poblados: Culiacán, Humaya.

Actividad económica principal: forestal, agrícola, pesquera y acuicultura.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: vegetación riparia, bosques tropical caducifolio, de abetos, de encino, de pino-encino y manchones de mesófilo. En las laderas de las grandes cañadas del río Humaya hay chaparrales y cambios drásticos de vegetación (manchones de bosque mesófilo). Ictiofauna característica: *Awaous transandeanus, Dorosoma smithi, Hyporhamphus rosae, Poeciliopsis latidens, P. prolifica*. Endemismo de peces *Poeciliopsis monacha* y de anfibios. Especies amenazadas: de peces *Campostoma ornatum, Oncorhynchus chrysogaster* y la nutria *Lutra longicaudis annectens*, por desecación de ríos, cacería y degradación del hábitat.
Aspectos económicos: agricultura, pesca, acuicultura y actividad forestal. Pesquerías de bagre de canal *Ictalurus punctatus*, langostinos *Macrobrachium americanum, M. rosenbergii, M. tenellum,* lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana*. Generación de energía eléctrica.
Problemática:

Modificación del entorno: construcción de presas y sistemas hidráulicos para control de avenidas, generación de energía eléctrica y riego; explotación forestal y deforestación acelerada. Construcción de carreteras, desmontes y desvío de corrientes. Erosión de suelos.

Contaminación: por abuso de agroquímicos en la planicie costera; desechos mineros en los altos; uso de herbicidas en campañas antinarcóticos, desechos domésticos y descarga de residuales.

Uso de recursos: especies introducidas de lirio acuático *Eichhornia crassipes*, langostino *Macrobrachium rosenbergi*, lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana*.

Conservación: preocupa la alteración del patrón hidrológico en toda la cuenca y por consiguiente la alteración de la calidad del agua en la planicie costera, la intrusión salina, la erosión de la cuenca y azolvamiento de las costas y la erosión de la línea de costa por construcción de presas. Se requiere del derecho de uso de cuotas de agua para los sistemas limnológicos, la recarga de acuíferos, cuotas de sedimentos para mitigar la erosión costera y un equilibrio en el aporte de sedimentos provenientes de las tierras agrícolas a los humedales. Faltan conocimientos de la flora y la fauna, aplicación plena de la legislación sobre el uso de plaguicidas, empleo de alternativas en control de plagas; problemas de acceso por narcotráfico y uso permitido de plaguicidas en campañas antinarcóticos. Se recomienda continuar y ampliar el control de malezas acuáticas.

Grupos e instituciones: Universidad de Sonora; Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Occidente; Universidad Autónoma Metropolitano; Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; Universidad Autónoma de Chihuahua; Universidad de Durango.

21. CUENCA ALTA DEL RÍO SAN LORENZO - MINAS DE PIAXTLA

Estado(s): Sinaloa y Durango **Extensión:** 14 287.23 km^2
Polígono: Latitud 25°05'24" - 23°45'00" N
Longitud 106°57'36" - 105°19'12" W

Recursos hídricos principales
lénticos:
lóticos: ríos San Lorenzo, Piaxtla, Elota, Hábitos y Los Remedios, ríos temporales, arroyos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: sierra de Tepehuanes, Quebradas de San Gregorio, Las Vueltas, Los Fresnos y Espinazo del Diablo. Suelos tipo Litosol, Cambisol, Regosol y Feozem.
Características varias: climas templado subhúmedo, semicálido subhúmedo y cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 12-26°C. Precipitación total anual de 700-1 200 mm.
Principales poblados: Sta. María de Otaens, San Miguel de Cruces.
Actividad económica principal: minería.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: bosque de pino-encino, de pino, de encino, y selva baja caducifolia. Ictiofauna característica: *Campostoma ornatum, Catostomus plebeius, Dorosoma smithi, Eleotris picta, Gobiomorus maculatus, Hyporhamphus rosae.* Endemismos del pez *Gila* sp.; de aves la chara pinta *Cyanocorax dickeyi,* el trogón orejón *Euptilotis neoxenus,* y la cotorra serrana occidental *Rhynchopsitta pachyrhyncha.* Especies amenazadas de anfibios *Rana chiricahuensis, R. maculata, R. toromorde y R. forreri,* las cuales son indicadoras de integridad ecológica; de aves *Accipiter striatus, Amazona finschi, Ara militaris, Buteogallus anthracinus, Cyanocorax dickeyi, Euptilotis neoxenus, Rhynchopsitta pachyrhyncha, Strix occidentalis.*
Aspectos económicos: recursos mineros. Pesca de crustáceos *Macrobrachium acanthochirus, M. americanum, M. occidentale y M. tenellum.*
Problemática:
Modificación del entorno: por la infraestructura minera.
Contaminación: por desechos mineros de San Lorenzo y Piaxtla.
Uso de recursos: ND.
Conservación: preocupan los residuos mineros que alteran los sistemas asociados; se requieren planes de manejo para la industria minera. Faltan conocimientos limnológicos y listas de flora y fauna acuática de la región.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad de Occidente; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad de Sonora; Universidad de Arizona.

22. RÍO BALUARTE - MARISMAS NACIONALES

Estado(s): Nayarit, Sinaloa, Durango, Jalisco y Zacatecas **Extensión:** 38 768.73 km^2
Polígono: Latitud 23°52'48" - 21°24'00" N
Longitud 106°06'00" - 103°44'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presa Aguamilpa, lagunas de Agua Brava, Teacapán, el Caimanero, Mezcatitlán, lagunas costeras, pantanos y más de 100 pequeños cuerpos.
lóticos: ríos Baluarte, Cañas, Acaponeta, Rosamorada, San Pedro o Alto y Bajo Mezquital, Graceros, Grande de Santiago, Huaynamota, Matatán, Chapalagana, Jesús María, Bolaños, Valparaíso y un gran número de arroyos.

Limnología básica: existen 40 mil ha. de cuerpos acuáticos con un gasto de 505 194 m^3; hay zonas oligohalinas (2‰) a marino (35‰); pH=6.5-8.5; O_2=1-7 ml/l; temp.=22-34°C; NO_3 de 3-40 ug at/l; O_2 (DQO-DBO) de 2-50 mg/l; PO4=0-1.5 ug at/l; coliformes 2 000-200 000 NMP/100 ml.
Geología/edafología: llanura costera del Pacífico presenta sedimentos aluviales, limosos y arcillosos; suelos tipo Solonchak. Planicie extensa con cordones de playa que aislan cuerpos de agua. La parte alta corresponde a zonas de topografía accidentada con cañones y mesetas. Abarca las sierras el Nayar, los Huicholes, Muruata, Álamos, Valparaiso, Mesa del Conejo, Mesa el Rayo, Mesa La Gloria, Mesa Los Altos de San Pedro, etc. En general los suelos son de tipo Litosol, Regosol, Feozem y Luvisol.
Características varias: climas semiseco templado, semiseco cálido, templado subhúmedo,cálido húmedo, cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, todos con lluvias en verano y algunas lluvias invernales; vientos tipo monzón del SE al NW. Temperatura media anual 16-18°C. Precipitación de 1 000-2 000 mm; evaporación de 1 800 mm.

Principales poblados: San Blas, Tepic, Villa Hidalgo, Mezquital, Santiago Ixcuintla, Rosario, Rosamorada, Acaponeta, Tecuala, Ruíz, Quimiquis, Tuxpan, Escuinapa de Hidalgo, Valparaíso, Nayar.

Actividad económica principal: minería, turismo, pesca, agricultura de humedad, de temporal y de riego, apicultura, acuicultura (camaronicultura principalmente, moluscos, crustáceos y peces) y ganadería.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: acuática y semiacuática, ribereña, manzanillar, manglar, halófitas, bosques tropical caducifolio, de pino, de encino, de pino-encino, matorral subtropical, matorral crasicaule, pastizal, selva baja perennifolia, matorral rosetófilo costero. Alta diversidad de hábitats acuáticos: arroyos, reservorios, ríos permanentes y temporales. Esta región incluye 113 000 ha de manglares y estuarios, que comprenden aproximadamente entre el 15 y 20% del total de los manglares del país. Flora característica: manglares *de Avicennia germinans, Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle,* de pinos *Pinus cembroides, P. chihuahuana, P. cooperi, P. engelmannii, P. leiophylla, P. lumholtzii, P. teocote,* de encinos *Quercus crassifolia, Q. eduardii, Q. grisea, Q. hartwegii, Q. laeta, Q. microphylla, Q. rugosa, Q. urbanii, Pseudotsuga menziesii*, de cedros *Cupressus benthamii* var. *lindleyi, Juniperus deppeana,* los pastos *Bouteloua repens, B. gracilis, B. hirsuta, B. radicosa,* el huizache *Acacia schaffneri, Bursera fagaroides, Mimosa biuncifera, Opuntia* sp., vegetación acuática como *Eleocharis acicularis, E. montana, E. montevidensis, Ficus obtusifolia,* los fresnos *Fraxinus velutina* y *F. uhdei, Hibiscus tiliaceus, Myriophyllum* sp., *Nymphoides fallax,* el álamo *Populus tremuloides, Potamogeton nodosus, Ranunculus trichophyllus,* el sauce *Salix bonplandiana,* el ahuehuete o sabino *Taxodium mucronatum, Thrinax radiata.* En la zona litoral existen palmares de la especie amenazada *Orbignya* sp. Vegetación halófita rastrera *Salicornia* sp. y *Batis maritima.* Fauna característica: de moluscos *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Bernardina margarita, Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Collisella discors* (litoral), *Crassinella skoglundae, Cyathodonta lucasana, Dendrodoris krebsii* (raro al oeste de BC, y común en costas del centro y sur), *Donax (Chion) punctatostriatus, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, L. lingualis, Nassarina (Steironepion) tincta, Nassarina (Zanassarina) atella, Polymesoda (Neocyrena) ordinaria, Pseudochama inermis* (zona litoral), *Pterotyphis arcana* (litoral rocoso), *Recluzia palmeri* (zona costera), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); una gran diversidad de peces *Atherinella crystallina, A. pellosesemion, Awaous banana, Catostomus plebeius, Chirostoma mezquital, Cyprinella ornata, Eleotris picta, Gobiomorus maculatus, G. polylepis, Hyporhamphus rosae, Ophisternon aenigmaticum, Poeciliopsis prolifica, Sicydium multipunctatum, Xenotoca eiseni, X. variata;* de aves locales *Ajaia ajaja,* el águila real *Aquila chrysaetos, Ardea herodias, Egretta thula, Jacana spinosa,* el guajolote silvestre *Melagris gallopavo*, la cotorra serrana *Rhynchopsitta pachyrhyncha*; de aves migratorias *Anas acuta, A. discors, A. platyrhynchos, Calidris alba, C. alpina, C. mauri, C. minutilla, Falco sparverius, Polyborus plancus*; de mamíferos el coyote *Canis latrans,* el ocelote *Leopardus pardalis,* el tigrillo *L. wiedii,* el venado cola banca *Odocoileus virginianus*, el jaguar *Panthera onca,* el puma *Puma concolor,* el jabalí *Pecari tajacu.* Región importante de endemismos de crustáceos *Pseudothelphusa sonorensis;* de peces *Algansea avia, A. monticola, A. popoche, Cichlasoma beani, Cyprinodon latifasciatus* (posiblemente extirpada), *Notropis aulidion, Poeciliopsis latidens, P. presidionis*; de aves el perico guayabero *Amazona finschi*, el loro de cabeza amarilla *A. oratrix, Forpus cyanopygius*. Especies amenazadas: de peces *Agonostomus monticola, Cichlasoma beani* (por introducción de exóticos), *Cyprinodon latifasciatus, Dionda episcopa, Etheostoma pottsi, Gila* sp., *Gobiesox fluviatilis* (especie indicadora de condiciones de agua transparente) y *Oncorhynchus chrysogaster;* de anfibios y reptiles las tortugas marinas

Chelonia mydas, Dermochelys coriacea, Eretmochelys imbricata y *Lepidochelys olivacea, Crocodylus acutus, Heloderma horridum, Iguana iguana* y los anfibios *R. chiricahuensis, R. forreri, R. maculata y R. toromorde* indicadoras de integridad; de aves *Accipiter gentilis, Aquila chrysaetos, Ara militaris, Ardea herodias, Buteogallus anthracinus, Campephilus guatemalensis, Euptilotis neoxenus, Falco peregrinus, Mimus polyglottos, Mycteria americana, Pandion haliaetus.* En Nayar, los ríos de montaña con alta integridad ecológica presentan comunidades importantes de peces.
Aspectos económicos: recursos mineros (plata, cobre, zinc, estaño y manganeso); empacadora de mariscos y pesquerías de camarón blanco *Penaeus vannamei* principalmente (cerca de 15 mil tons). Otras especies comerciales de peces son la carpa común *Cyprinus carpio*, el pargo rojo *Lutjanus peru*, la lisa cabezona *Mugil cephalus*, la tilapia azul *Oreochromis aureus*, los moluscos *Crassostrea corteziensis* y *Megapitaria* sp., los crustáceos *Macrobrachium americanum, M. occidentale, M. rosembergi, M. tenellum* y *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*. Nayar es una zona pesquera importante de peces como la mojarra *Cichlasoma beani*, la tilapia azul *Oreochromis aureus*, la carpa común *Cyprinus carpio* y los langostinos *Macrobrachium acanthochirus* y *M. rosembergi*. Como recurso estratégico se tiene a la energía hidroeléctrica y productos agrícolas (beneficiadoras de tabaco e ingenios azucareros).
Problemática:

Modificación del entorno: por la infraestructura minera, deforestación con fines agrícolas, construcción de presas y canales, desecación de cuerpos de agua para camaronicultura, desviación de corrientes superficiales y abastecimiento de agua. Deterioro del cauce de los ríos por la presa de Aguamilpa. Construcción de caminos.

Contaminación: por aguas negras, agroquímicos, pesticidas y metales pesados.

Uso de recursos: extracción de agua para agricultura y acuicultura. Especies introducidas: la tilapia azul *Oreochromis aureus*, la carpa dorada *Carassius auratus*, la carpa común *Cyprinus carpio*, el bagre de canal *Ictalurus punctatus* y el crustáceo *Macrobrachium rosembergi*. Violación de vedas. Introducción de ganado caprino. Cacería ilegal e introducción de especies exóticas en los ranchos cinegéticos.

Conservación: se propone: conservación de humedales, no a la apertura de bocas, manejo de agua balanceado, control de agroquímicos, plantas de tratamiento de aguas residuales, control de granjas acuícolas, no a la desviación de lóticos y control del turismo. Existen áreas de reproducción de cocodrilos que deben protegerse, así como áreas de manglar en barras arenosas, las islas de Palmar y Puerto Palapares. Hacen falta estudios de endemismos y de biodiversidad en general. No se tiene información de las reservas de aguas subterráneas existentes. La presa de Aguamilpa ha propiciado el crecimiento de especies exóticas que pueden llegar a las partes no alteradas. La urbanización y contaminación por motores ya está afectando la parte baja. Se desconoce la hidrología básica de los ríos; asimismo, el inventario biótico está incompleto. Comprende parte de la Reserva de la Biosfera La Michilía. La Convención de Ramsar considera a las Marismas Nacionales como el área de manglares más grande del Pacífico mexicano y de importancia por el número de endemismos en cuanto a su flora y fauna, así como por sus aves migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Sinaloa; Universidad de Occidente; Instituto de Biología, UNAM; Universidad de Sonora; Universidad de Arizona.

REGIÓN PACÍFICO TROPICAL

23. SAN BLAS - LA TOVARA

Estado(s): Nayarit — Extensión: 1 514.35 km^2
Polígono: Latitud 21°47'24" - 21°16'12" N
Longitud 105°26'24" - 104°54'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: Lagos Tetepiltic y San Pedro, lagunas costeras, manglares.

lóticos: ríos San Blas-Hucila, La Tovara, La Tigrera y El Naranjo.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos de tipo Regosol, Solonchak, Feozem, Luvisol, Acrisol y Cambisol.

Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 20-24°C. Precipitación de 1 000-2 000 mm; evaporación de 1 400-1 800 mm.

Principales poblados: San Blas, San Pedro Lagunillas, Compostela, Las Varas, Mazatán.

Actividad económica principal: turismo, pesca, agricultura de temporal y cultivos de frutales, ganadería y acuicultura.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: manglar, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, bosques de pino-encino y de encino, pastizal inducido, palmares de *Orbignya cohune.* Fauna característica: existen 8 nuevos registros para México de rotíferos *Lecane aculeata, L. furcata, L. rhenana, L. sola, Notommata pachyura, N. saccigera, Tripleuchlanis plicata y Thrichocerca rosea*; de moluscos *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Bernardina margarita, Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Cinclidotyphis myrae* (zona litoral), *Crassispira (Monilispira) currani* (en zonas rocosas), *C. (Monilispira) trimariana* (zona rocosa del litoral), *Cyathodonta lucasana, Dendrodoris krebsii* (raro al oeste de BC, y común en costas del centro y sur), *Donax (Chion) punctatostriatus, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Euclathurella carissima* (en rocas), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Steironepion) tincta, Nassarina (Zanassarina) atella, Polymesoda (Neocyrena) ordinaria, Pterotyphis arcana* (litoral rocoso), *Recluzia palmeri* (zona costera), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); del crustáceo *Pseudothelphusa nayaritae;* de anfibios y reptiles *Cissilopha beecheii, Crocodylus acutus, Thalurania ridwayi, Trachemys scripta, Vireo pallens paluster* y del mamífero *Panthera onca;* todos amenazados por destrucción del hábitat y cacería. Hay asociaciones muy importantes de aves acuáticas residentes (garzas, espátulas) y migratorias (playeros y patos).

Aspectos económicos: pesquería de langostinos *Macrobrachium americanum* y *M. tenellum*, camarón, mojarra, lisa y tortugas. Beneficiadoras de café. Turismo. Planta hidroeléctrica en Jumatlán.

Problemática:

Modificación del entorno: destrucción del hábitat, deforestación, desecación del manglar y quema.

Contaminación: por aguas residuales urbanas y agropecuarias, basura y agroquímicos. Producción de DBO en la zona urbana de San Blas.

Uso de recursos: peces, crustáceos y otros vertebrados en riesgo. Cacería ilegal.

Conservación: preocupa la deforestación y la contaminación.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Nayarit; Instituto de Biología y Fac. de Ciencias, UNAM.

24. CAJÓN DE PEÑAS - CHAMELA

Estado(s): Jalisco — Extensión: 7 556.48 km^2

Polígono: Latitud 20°27'36" - 19°21'00" N
Longitud 105°41'24" - 104°31'12" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presa Cajón de Peñas, lagunas, pantanos.

lóticos: ríos Tomatlán, San Nicolás, Cuitzmala, Horcones, arroyos, esteros, manantiales.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: suelos calcáreos con rocas metamórficas de tipo Regosol y Cambisol. Pendiente abrupta hacia la costa y planicies aluviales; pocas vías de comunicación en la zona de Cabo Corrientes.

Características varias: clima cálido subhúmedo y semiseco con lluvias en verano. Temperatura media anual del6-28°C. Precipitación estacional de 600-2 500 mm y evaporación del 90%.

Principales poblados: Tomatlán, El Tuito, Chamela, Morelos, Careyes.

Actividad económica principal: agricultura de temporal y de riego, pesca, ganadería y turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: manglar, manzanillera, carrizal, pastizal inducido, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y subperennifolia, bosques de pino-encino, oyamel, de encino, vegetación de dunas costeras, vegetación acuática de Podostomaceas, vegetación riparia (sauces, ingas, ficus y otras).

Flora característica: alta riqueza específica de plantas como el cuachalalate *Amphypterigium adstringens*, la anona *Annona glabra, Astronium graveolens,* el ramón *Brosimun alicastrum*, el cascalote *Caesalpinia alata*, el iguanero *C. eriostachys, Couepia polyandra,* palma de coquito *Orbignya cohune,* el ciruelillo *Phyllanthus elsiae,* el cedro macho *Sciadodendron excelsum* y la primavera *Tabebuia donnell-smithii.* Fauna característica: de moluscos *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Cinclidotyphis myrae* (zona litoral), *Collisella discors* (litoral), *Crassinella mexicana, C. skoglundae, Cyathodonta dubiosa, Dendrodoris krebsii* (raro al oeste de BC, y común en costas del centro y sur), *Donax (Chion) punctatostriatus, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Euclathurella carissima* (en rocas), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Haplocochlias cyclophoreus, Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Muricopsis jaliscoensis, Nassarina (Cigclirina) helenae, Nassarina (Zanassarina) atella, Pilsbryspira amathea* (zona rocosa de marea), *Polymesoda (Neocyrena) ordinaria, Pseudochama inermis* (zona litoral), *Pterotyphis arcana* (litoral rocoso), *P. fayae* (zona litoral), *P. fimbriatus* (playas con oleaje), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tegula lingulata mariamadre* (zona sublitoral), *Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de peces *Agonostomus monticola, Astyanax fasciatus, Awaous transandeanus, Dormitator maculatus, Eleotris picta, Gobiesox mexicanus, Gobiomorus maculatus, Poecilia butleri, P. chica, Poeciliopsis infans, P. lucida, P. viriosa, Pseudophallus starksii, Sicydium multipunctatum*; de reptiles y anfibios como el cocodrilo *Crocodylus acutus,* el escorpión *Heloderma horridum,* la iguana verde *Iguana iguana, Kinosternon integrum* y las tortugas marinas *Chelonia mydas, Dermochelys coriacea, Eretmochelys imbricata y Lepidochelys olivacea,* todas en peligro de extinción; de aves como pericos, cigüeñas, espátulas, águila pescadora y golondrina marina *Sterna antillarum;* de mamíferos como el murciélago blanco *Diclidurus albus*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, *Musonycteris harrisoni*, el jaguar *Panthera onca*, el puma *Puma concolor*, la rata arborícola *Xenomys nelsoni,* todas en peligro de extinción. Endemismo de plantas como los agaves *Agave angustifolia* y *A. colimana, Piranbea mexicana, Jatropha chamelensis,* los cactus *Opuntia excelsa* y *Peniocereus cuixmalensis, Sciadodendron excelsum;* de peces poecílidos y góbidos; de anfibios y reptiles como *Cnemidophorus lineattissimus, Hyla smaragdina, Micrurus distans, Thalurania ridgwayi;* de aves residentes como colibrí corona-violeta *Amazilia violiceps*, el perico guayabero *Amazona finschi*, el loro de cabeza amarilla *Amazona oratrix*, *Cynanthus sordidus*, la catarinita *Forpus cyanopygius;* de mamíferos como *Musonycteris harrisoni* y *Xenomys nelsoni.* Especies amenazadas de las plantas *Vanroyena plumosa y Marathrum rubrum* por destrucción del hábitat (indicadoras de aguas limpias); del pez *Ilyodon* sp. por pérdida de la calidad del agua; del reptil *Crocodylus acutus* por sobrexplotación pesquera; de aves como *Amazona finschi, Anas acuta, A. discors*, la guacamya verde *Ara militaris, Aythya affinis, Buteo nitidus, Falco mexicanus, Glaucidium brasilianum,* el bolsero cuculado *Icterus cucullatus,* el bolsero de Wagler *I. wagleri, Larus heermanni, Mycteria americana, Oxyura dominica, Penelope purpurascens,* el búho café *Strix virgata* por la tala del bosque y conversión del uso de suelo. El pez *Gobiesox mexicanus* indicador de aguas limpias y oxigenadas. Ruta migratoria para aves y zona de reproducción de moluscos, aves y tortugas. Los manglares de *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* cuyas copas alcanzan los 10 m de altura son indicadoras de deterioro ambiental. *Gimnodinium* sp. indicadora de marea roja y *Salicornia bigelovii* de hipersalinidad. En la reserva se han registrado 429 especies de vertebrados terrestres, de las cuales 81 son endémicas de México y 72 están en peligro de extinción.

Aspectos económicos: pesquerías de cangrejos y langostinos *Macrobrachium acanthochirus, M. americanum* y *M. tenellum*, tilapia y carpa. Turismo (río Horcones), ganadería extensiva y agricultura de temporal y de riego (cultivos de mango, papaya, coco y maíz de subsistencia). Matorral, selva y mangle son de importancia comercial (maderables y forrajeros). Turismo bajo pero con potencial de desarrollo.

Problemática:

Modificación del entorno: en planicies aluviales y junto a los poblados, alta deforestación, construcción de carreteras, cambio de uso de suelo para agricultura y ganadería.

Contaminación: en el río Tomatlán contaminación por agroquímicos y sedimentos en suspensión. Eutroficación y aportes orgánicos por *Typha domingensis* y *Cerithium* sp.

Uso de recursos: vertebrados de la selva mediana en riesgo. Especies introducidas de tilapia y carpa. Hay cacería ilegal (tortugas, venados, jabalíes, iguanas y armadillos) y tráfico de aves.

Conservación: es necesario frenar la deforestación intensiva y la alteración de acuíferos y ordenar el desarrollo turístico (usa volúmenes considerables de agua). Preocupa la construcción de carreteras. Falta conocer toda la existencia de acuíferos de la cuenca y la elaboración de inventarios de especies acuáticas de am-

bientes lóticos. Comprende la Reseva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, la cual está diseñada para proteger las selvas caducifolias del occidente de México.
Grupos e instituciones: Estación Biológica de Chamela, UNAM; Fundación Cuixmala, A.C.; Universidad de Guadalajara; Centro de la Costa de Pto. Vallarta; Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; Universidad de California - Riverside.

25. RÍO PURIFICACIÓN - MANANTLÁN

Estado(s): Jalisco y Colima **Extensión:** 7 619.66 km^2
Polígono: Latitud 20°15'00" - 18°50'24" N
Longitud 104°58'12" - 103°55'12" W

Recursos hídricos principales
léntico: Presas San Agustín y del Mojo, Laguna de Cuyutlán.
lóticos: ríos Purificación, Cihuatlán, Armería-Ayuquila, Ameca, Manantlán y San Pedro, arroyos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: sierras de Manantlán y Perote, lomeríos, planicies aluviales y pequeñas planicies costeras; rocas ígneas y metamórficas. Suelos poco desarrollados Regosol, Feozem, Litosol y Cambisol.
Características varias: clima semiseco muy cálido, cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo y templado subhúmedo, todos con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-28°C. Precipitación total anual de 700-2 000 mm con evaporación del 80-90% de la precipitación total.
Principales poblados: Manzanillo, Barra de Navidad, Cihuatlán, Bahía de Tenacatita, Tecomán, Comala, El Grullo, Camichín.
Actividad económica principal: turismo, ganadería, zona portuaria industrial, pesca, agricultura y silvicultura.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja caducifolia, bosque de pino-encino, de oyamel, encino, mesófilo de montaña, selva mediana subcaducifolia y vegetación riparia. Esta región presenta un complejo mosaico de vegetación de gran riqueza florística y diversidad faunística. Dentro de las plantas destacan por su frecuencia las especies de *Arbutus xalapensis, Abies religiosa* var. *emarginata, Alnus acuminata, A. jorullensis, Astianthus viminalis, Brosimum alicastrum, Bumelia cartilaginea, Bursera* spp., *Cedrela odorata, Ceiba pentandra, Clethra mexicana, C. hartwegii, Cochlospermum vitifolium, Cornus disciflora, Crataeva tapia, Cupressus benthamii* var. *lindleyi, Dendropanax arboreus, Enterolobium cyclocarpum, Ficus* spp., *Fraxinus uhdei, Guarea glabra,* jabilla *Hura polyandra, Ilex brandegeeana, Inga eriocarpa, Ipomoea bracteata, Jacaratia mexicana, Lysiloma acapulcensis, L. microphylla, Magnolia iltisiana, Ostrya virginiana, Pinus durangensis, P. herrerai, P. leiophylla, P. maximinoi, P. michoacana, Populus guzmanantlensis, Pseudosmondingium perniciosum, Quercus candicans, Q. castanea, Q. conspersa, Q. crassipes, Q. elliptica, Q. glaucescens, Q. laurina, Q. magnoliifolia, Q. obtusata, Q. resinosa, Q. uroxis, Salix bonplandiana, S. humboldtiana, Tabebuia palmeri, Ternstroemia dentisepala, T. lineata, Tilia mexicana.* Fauna característica: de moluscos *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Cinclidotyphis myrae* (zona litoral), *Collisella discors* (litoral), *Crassinella skoglundae, Cyathodonta lucasana, Donax (Chion) punctatostriatus, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Euclathurella carissima* (en rocas), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Zanassarina) atella, Pilsbryspira amathea* (zona rocosa de marea), *P. garciacubasi* (fondos rocosos de litoral), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *Pterotyphis fayae* (zona litoral), *P. fimbriatus* (playas con oleaje), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de anfibios y reptiles la boa *Boa constrictor,* la víbora de cascabel *Crotalus lannomi,* la iguana verde *Iguana iguana*; de aves el azor *Accipiter gentilis, Amaurospiza concolor,* el perico guayabero *Amazona finschi*, el águila real *Aquila chrysaetos*, el búho cornado oscuro *Asio stygius*, el guajolote silvestre *Meleagris gallopavo*, la pachacua prío *Nyctiphrynus mcleodii*, la cojolita *Penelope purpurascens*, el zorzal pinto *Ridgwayia pinicola*, el búho serrano *Strix occidentalis, Thalurania ridgwayi, Vireo atricapillus, V. brevipennis* y *V. nelsoni;* entre los mamíferos el armadillo *Dasypus novemcinctus*, el leoncillo *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, la

nutria *Lutra longicaudis,* el gato montés *Lynx rufus,* el tejón *Nasua narica,* el jaguar *Panthera onca* y el puma *Puma concolor.* Endemismo de plantas como el agave *Agave colimana,* el madroño *Arbutus occidentalis,* el llorasangre *Croton wilburi,* el maíz perenne conocido localmente como milpilla o chapule *Zea diploperennis;* de peces *Ameca splendens, Ilyodon* spp., *Lile gracilis, Poecilia chica, Poeciliopsis baenschi, P. turneri* y *Sicydium multipunctatum;* de aves como el vencejo *Cypseloides storeri,* la perdiz de los volcanes *Dendrortyx macroura* (endémica del Eje Neovolcánico); de mamíferos como la tuza *Cratogeomys gymnurus,* el tlacuachín *Marmosa canescens,* la ardilla *Sciurus colliaei.* Especies amenazadas: de plantas como maple *Acer skutchii, Mammillaria beneckei,* álamo *Populus guzmanantlensis,* cucharo *Symplocos sousae,* tilia *Tilia mexicana,* milpilla *Zea diploperennis* y las orquídeas *Brassavola cucullata* y *Epidendrum parkinsonianum* por alteración y contaminación del hábitat; del pez *Ameca splendens,* de reptiles *Boa constrictor, Clelia clelia, Iguana iguana;* de mamíferos *Herpailurus yagouaroundi, Leopardus pardalis, L. wiedii, Lutra longicaudis, Lynx rufus, Panthera onca* y *Puma concolor.*

Aspectos económicos: pesca marina de huachinango, tortuga, bagre, camarón, tiburón y pargo; especies de agua dulce como truchas, ranas y crustáceos *Cambarellus (Cambarellus) montezumae, Macrobrachium acanthochirus, M. americanum, M. occidentale y M. tenellum;* turismo; termoeléctrica; agricultura (caña de azucar, jitomate, cítricos, mango, sandía, melón, sorgo, maíz, frijol, café, coco y plátano); ganadería extensiva de bovinos; aprovechamiento forestal.

Problemática:

Modificación del entorno: fuerte deforestación y explotación de acuíferos en la parte media y baja de la cuenca y menor en la parte alta correspondiente a la Reserva de Manantlán; crecimiento demográfico; conflictos por tenencia de la tierra con respecto al uso de suelo urbano, ganadero y agrícola.

Contaminación: por sedimentos en suspensión y descargas de drenaje a los cuerpos de agua.

Uso de recursos: especies introducidas de tilapia; uso inadecuado de redes de pesca; cacería furtiva y cultivo de estupefacientes; explotación forestal comercial no controlada.

Conservación: se debe conservar la cuenca alta por ser zona de recarga de acuíferos (recibe alta precipitación), recuperar zonas erosionadas de las partes media y baja de la cuenca. Es necesario prevenir y combatir los incendios forestales. Se necesita intrumentar un programa de desarrollo comunitario que promueva la realización de planes de desarrollo integral en cada comunidad. Elaborar un programa de investigación y desarrollo de la reserva. Faltan inventarios de la biota acuática en Manantlán. Comprende a la Reserva de la Biosfera de Sierra de Manantlán.

Grupos e instituciones: Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Manzanillo; Universidad de Guadalajara; Centro de Investigación y Educación Superior de Ensenada; Instituto Nacional de Ecología, Semarnap; Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, U. de G.

26. RÍO COALCOMÁN Y RÍO NEXPA

Estado(s): Michoacán **Extensión:** 7 632.75 km^2

Polígono: Latitud 18°58'12" - 18°01'12" N
Longitud 103°33'00" - 102°15'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos:

lóticos: ríos Coalcomán, Nexpa y Carrizal.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: lomeríos y planicies aluviales; suelos someros poco desarrollados de tipo Feozem, Regosol y Cambisol.

Características varias: climas templado subhúmedo, semicálido subhúmedo y cálido subhúmedo, todos con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 16-28°C. Precipitación total anual 800-1 200 mm y evaporación del 80-90% de ésta.

Principales poblados: Coalcomán de Matamoros.

Actividad económica principal: ganadería, agricultura de temporal y minería.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, pino y encino en la parte alta y selva baja subcaducifolia en la parte baja. Moluscos característicos: *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Collisella discors* (litoral), *Crassinella skoglundae, Cyathodonta lucasana, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Zanassarina) atella, Pilsbryspira amathea* (zona rocosa de marea), *P. garciacubasi* (fondos rocosos de litoral), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso). Endemismo de reptiles y anfibios *como Chelonia mydas, Rana forreri, R. zweifeli, Trachemys scripta* y del pez *Poeciliopsis scarlli.*
Aspectos económicos: potencial turístico grande pero no desarrollado. Producción minera de fierro en Coalcomán, agricultura y ganadería. Pesquería de crustáceos *Macrobrachium acanthochirus* y *M. tenellum.*
Problemática:

Modificación del entorno: bastante bien conservada en la parte alta de la cuenca y un poco deteriorada por la ganadería en la parte baja.

Contaminación: escasos sedimentos en suspensión.

Uso de recursos: cultivo de estupefacientes; uso de suelo para ganadería y agricultura de temporal.
Conservación: la parte alta de la cuenca está bien conservada y poco poblada, lo cual debe aprovecharse. Se recomiendan estudios de la biota, comenzando por la dulceacuícola.
Grupos e instituciones: Fac. de Biología, UMANH; Fac. Ciencias, UNAM.

27. CUENCA BAJA DEL RÍO BALSAS

Estado(s): Michoacán y Guerrero — **Extensión:** 11 333.3 km²
Polígono: Latitud 19°00'36" - 17°54'36" N
Longitud 102°33'36" - 101°06'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presas Infiernillo y La Villita, zonas inundables, pozos, esteros.

lóticos: río Balsas y tributarios Tepalcatepec, Tacámbaro, Marqués y Zacatula, arroyos, manantiales.
Limnología básica: estratos anóxicos en las presas.
Geología/edafología: suelos arcillosos de tipo Acrisol y Luvisol alternados con Cambisol. Limita al norte con el volcán Tancítaro, oeste y suroeste con la Sierra Madre del Sur (Coalcomán y Espinazo del Diablo) y al este con la Sierra de Inguarán.
Características varias: climas cálido subhúmedo, semiseco muy cálido y seco muy cálido, todos con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 18-30°C. Precipitación entre 400-1 200 mm.

Principales poblados: Lázaro Cárdenas, Zacatula, Guacamayas, Múgica, Uruapan, Apatzingan.

Actividad económica principal: siderúrgica, generación de energía eléctrica, planta industrial Fertinal, cultivos de frutales y pesca. Este embalse es el más productivo de México, con casi el 20% de la producción pesquera total de las aguas interiores del país.

Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: manchones de selva baja subcaducifolia y caducifolia, bosques espinoso y de pino-encino. Fauna característica: de moluscos *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Collisella discors* (litoral), *Crassinella skoglundae, Cyathodonta lucasana, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Zanassarina) atella, Pilsbryspira amathea* (zona rocosa de marea), *P. garciacubasi* (fondos rocosos de litoral), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de aves *Ortalis wagleri, Callipepla douglasii, Forpus cyanopygius*; de peces *Agonostomus monticola, Astyanax fasciatus,* la mojarra nativa *Cichlasoma istlanum, Gobiomorus maculatus, Heterandria* sp., *Ilyodon whitei, Poecilia butleri, P. maylandi, Poeciliopsis infans, Sicydium multipunctatum.* Endemismo de plantas *Bursera excelsa* y *Pinus engelmannii;* del crustáceo *Procambarus (Mexicambarus) bouvieri;* de peces *Atherinella balsana, Chapalichthys pardalis, Hybopsis boucardi, Ictalurus balsanus, Notropis sallei, Poeciliopsis balsas*; de an-

fibios *Rana sierramadrensis* y *R. zweifeli*; de aves *Aimophila humeralis, Cynanthus sordidus, Deltarhynchus flammulatus,* carpintero cachetidorado *Melanerpes chrysogenys, Ortalis poliocephala, Philortyx fasciatus, Turdus rufopalliatus.* Especies amenazadas del pez *Atherinella balsana*; de los anfibios *Rana* spp. (indicadoras de aguas limpias) *y Bufo* sp.; de las *aves Ara militaris, Buteogallus anthracinus, B. urubitinga, Mycteria americana* y *Vireo atricapillus.*

Aspectos económicos: pesquerías de langostinos *Macrobrachium acanthochirus, M. americanum, M. occidentale* y *M. tenellum*, de mojarra de agua dulce *Cichlasoma istlanum*, de carpas cabezona *Aristichthys nobilis*, común *Cyprinus carpio*, herbívora *Ctenopharyngodon idella* y plateada *Hypophthalmichthys molitrix*, de tilapias *Oreochromis aureus* y *O. niloticus*; de bagre, truchas y charales. Cultivos de coco, mango, tabaco, melón y jamaica. Ganado bovino. Actividad minera (hierro), portuaria, hidroeléctrica, carbonera y petrolera.

Problemática:

Modificación del entorno: construcción de una presa muy grande y otra menor; desviación de ríos con disminución del caudal; desecación de zonas de crianza de especies acuáticas, deforestación y ganadería intensiva.

Contaminación: muy alta por la siderúrgica, Fertimex y yeseras; agroquímicos, trazas de compuestos orgánicos persistentes; contaminación por materia orgánica, fertilizantes y otros tóxicos.

Uso de recursos: vertebrados e invertebrados acuáticos en riesgo. Especies introducidas de lirio, tilapia y carpas. Se violan las vedas y tallas mínimas, hay descargas contaminantes continuas y tiraderos de basura.

Conservación: en el Valle de Apatzingán se requiere vigilar el uso del agua, recuperar poblaciones de vertebrados y un plan de manejo ecológico; en la zona del delta urge una reglamentación para el vertimiento de desechos tóxicos en el río y la construcción de cortinas de presas que impiden completar ciclos biológicos de peces; en la cuenca alta debe medirse el impacto de la contaminación papelera, ingenios, etc. (Morelos y Puebla). No se conoce la biota acuática de sistemas fluviales (hacen falta inventarios) ni el impacto de la contaminación en la cuenca baja (desplazamiento de especies, pérdida de hábitats).

Grupos e instituciones: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Pátzcuaro; Comisión del Balsas; Instituto de Biología, UNAM.

28. RÍO ATOYAC - LAGUNA DE COYUCA

Estado(s): Guerrero — Extensión: 2 166.08 km^2

Polígono: Latitud 17°27'36" - 16°46'48" N
Longitud 100°28'48" - 99°49'12" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagunas de Coyuca y Mitla.

lóticos: ríos Atoyac, Coyuca y Camotal.

Limnología básica: La laguna de Coyuca está considerada mesotrófica.

Geología/edafología: planicies costeras, cañadas y serranías: planicie costera del Pacífico y la vertiente sur de la Sierra Madre. Predominan suelos tipo Cambisol, Acrisol, Feozem y Solonchak.

Características varias: climas cálido subhúmedo, semicálido húmedo y subhúmedo y templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-28°C. Precipitación total anual de 1 000-2 500 mm y evaporación del 80-90%.

Principales poblados: Atoyac de Álvarez, El Paraíso, Coyuca de Benítez, San Jerónimo de Juárez.

Actividad económica principal: pesca, agricultura y ganadería.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja y mediana caducifolia y subcaducifolia, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, manglares, lagunas costeras y otros humedales. Fauna característica: de moluscos *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Collisella discors* (litoral), *Crassinella skoglundae, Cyathodonta lucasana, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Zanassarina) atella, Pilsbryspira amathea* (zona rocosa

de marea), *P. garciacubasi* (fondos rocosos de litoral), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso); de peces *Agonostomus monticola, Arius caerulescens, A. guatemalensis, Astyanax fasciatus, Atherinella balsana, A. guatemalensis, Centropomus nigrescens, C. viridis, Cichlasoma istlanum, C. trimaculatum, Diapterus lineatus, D. peruvianus, Dormitator latifrons, Eleotris picta, Gobiomorus maculaturs, Gobionellus microdon, Ictalurus balsanus, Lile gracilis, Mugil cephalus, M. curema, Oligoplites altus, Poecilia butleri, P. reticulata, P. sphenops, Poeciliopsis fasciata, P. gracilis, Pomadasys bayanus, Profundulus punctatus, Pseudophallus starksii, Sicydium multipunctatum, Xiphophorus helleri*; de aves como *Lophornis brachylopha y Cyanolyca mirabilis* de distribución restringida y amenazadas por pérdida del hábitat. Endemismo del copépodo *Oithona alvarezi.*

Aspectos económicos: explotación forestal, agricultura (café, palmas, frutales), pesca y ganadería a pequeña escala. Especies comerciales de crustáceos *Macrobrachium americanum, M. occidentale* y *M. tenellum.*

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación para agricultura, introducción de ganado y tala inmoderada. Las partas altas (arriba de los 800 msnm) mejor conservadas.

Contaminación: por basura, agroquímicos y materia orgánica.

Uso de recursos: silvicultura, vertebrados, insectos y plantas en riesgo. Narcotráfico e inestabilidad social. Uso de suelo forestal y agrícola.

Conservación: se requiere control de la deforestación; disposición adecuada de aguas negras urbanas e infraestructura de saneamiento. Faltan conocimientos limnológicos.

Grupos e instituciones: Instituto Tecnológico de Chilpancingo; Universidad de Guadalajara; Universidad Autónoma del Estado de México; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

29. RÍO PAPAGAYO - ACAPULCO

Estado(s): Guerrero **Extensión:** 8 501.81 km^2

Polígono: Latitud 17°36'36" - 16°41'24" N

Longitud 100°04'48" - 98°35'54" W

Recursos hídricos principales

lénticos: Lagunas Negra, La Sabana y Tres Palos.

lóticos: ríos Papagayo, La Sabana y Omitlán.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: lomeríos y planicies aluviales en la boca de los ríos; rocas metamórficas. Suelos someros poco desarrollados, con predominio de Regosol, Cambisol y Feozem.

Características varias: climas cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 16-28°C. Precipitación total anual de 1 000-2 000 mm y evaporación del 80-90%.

Principales poblados: Acapulco, Tierra Colorada.

Actividad económica principal: turismo, agricultura (copra), ganadería y pesca.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja caducifolia, bosques de pino-encino, de encino-pino, de encino y pastizal inducido. Moluscos característicos: *Anachis vexillum* (litoral rocoso), *Balcis falcata, Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Calliostoma aequisculptum* (zona litoral rocosa), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Crassinella skoglundae, Cyathodonta lucasana, Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fissurella (Cremides) decemcostata* (zonas rocosas), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, Lucina lingualis, Nassarina (Zanassarina) atella, Opalia mexicana, Pilsbryspira amathea* (zona rocosa de marea), *P. garciacubasi* (fondos rocosos de litoral), *Pseudochama inermis* (zona litoral), *Semele (Amphidesma) verrucosa pacifica, Serpulorbis oryzata, Tegula globulus* (litoral), *Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso). Endemismo de anfibios *Rana omiltemana, R. sierramadrensis* y *R. zweifeli.*

Aspectos económicos: turismo, ganadería, agricultura y pesca. Pesca de crustáceos *Macrobrachium acanthochirus, M. americanum, M. occidentale* y *M. tenellum.*

Problemática:

Modificación del entorno: alta modificación en la parte baja de la cuenca por deforestación, deseca-

ción, sobrexplotación de pozos, contaminación; transformación de muchas zonas en pastizales. Hábitat muy deteriorado por influencia de la zona turística.

Contaminación: por sedimentos en suspensión, materia orgánica, basura y descargas de la zona hotelera. Laguna Tres Palos: hipertrófica; Laguna La Sabana: O_2D = cero, sobrecarga de materia orgánica y basura.

Uso de recursos: no hay control sobre la pesca ni tratamiento adecuado de las aguas residuales. Uso de suelo urbano, ganadero y agrícola.

Conservación: la cuenca alta está relativamente bien conservada; Chilpancingo se encuentra en la cuenca alta, sin embargo, un crecimiento urbano grande puede generar serios problemas hacia la cuenca baja. Se necesitan restaurar las corrientes superficiales, las lagunas costeras y su biodiversidad.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Guerrero (Acapulco y Chilpancingo); Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; Fac. Ciencias, UNAM; Instituto Tecnológico de Chilpancingo; Universidad Autónoma del Estado de México.

30. CUENCA ALTA DEL RÍO OMETEPEC

Estado(s): Guerrero — **Extensión:** 2 436.5 km^2

Polígono: Latitud 17°15'36" - 16°38'24" N
Longitud 98°43'12" - 98°08'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos:

lóticos: río Ometepec.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: suelos pobres y poco desarrollados con predominio de Regosol, Cambisol y Litosol.

Características varias: clima cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo y templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-26°C. Precipitación total anual 1 200-2 000 mm.

Principales poblados: Ometepec, Cozoyoapan.

Actividad económica principal: ND.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja caducifolia, bosques de pino-encino, pino, encino y encino-pino y pastizal inducido. Endemismo de crustáceos *Tehuara guerreroensis, Pseudothelphusa ayutlaensis* y *P. galloi.*

Aspectos económicos: ND.

Problemática:

Modificación del entorno: ND.

Contaminación: ND.

Uso de recursos: ND.

Conservación: posible presencia de fauna propia de ambientes con alta integridad.

Grupos e instituciones: niguna.

31. RÍO VERDE - LAGUNA DE CHACAHUA

Estado(s): Oaxaca — **Extensión:** 8 346.8 km^2

Polígono: Latitud 16°48'00" - 15°48'00" N
Longitud 97°51'36" - 96°30'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagunas costeras de Chacahua, Pastoría, Miagua y Espejo.

lóticos: ríos Atoyac, Ocotlán, Verde, San Francisco y afluentes.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: valles centrales de Oaxaca, secciones de la Sierra Aloapaneca y Cuatro Venados; rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Suelos de tipo Regosol, Cambisol, Luvisol, Feozem y Litosol.
Características varias: clima templado subhúmedo, cálido subhúmedo y cálido húmedo. Temperatura media anual de 14-28°C. Precipitación de 700-2 500 mm y evaporación del 95-100%.

Principales poblados: gran cantidad de pequeños poblados circundantes a la Cd. de Oaxaca, Puerto Escondido, Santiago Jamiltepec.

Actividad económica principal: agricultura, minería, ganadería y turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: manglar, palmar, sabana, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, bosques de pino-encino, de pino, de encino, pastizal inducido y cultivado. Flora característica: *Melocactus delessertianus* y otras fanerógamas. Fauna característica: de moluscos *Calyptraea spirata* (zona rocosa expuesta), *Chiton articulatus* (zonas expuestas), *Entodesma lucasanum* (zona litoral), *Fissurella (Cremides) decemcostata* (zonas rocosas), *Fissurella (Cremides) gemmata* (zona rocosa), *Lucina (Callucina) lampra, Pilsbryspira garciacubasi* (fondos rocosos de litoral), *Tripsycha (Eualetes) centiquadra* (litoral rocoso). Endemismo de la planta *Melocactus delessertianus*; de crustáceos *Epithelphusa mixtepensis, Macrobrachium villalobosi* y *Tehuara guerreroensis*; de aves *Aimophila sumichrasti*, colibrí corona-verde *Amazilia viridifrons, Amazona finschi, Deltarhynchus flammulatus, Passerina leclancherii, Thryothorus felix, T. sinaloa, Turdus rufopalliatus, Vireo hypochryseus*. Especies amenazadas: de peces *Notropis imeldae*; de aves *Accipiter cooperii, A. striatus, Aimophila sumichrasti, Amazona finschi, Anas acuta, A. discors, Cairina moschata, Cathartes burrovianus, Egretta rufescens, Falco columbarius, F. peregrinus, Geranospiza caerulescens, Glaucidium brasilianum*, el bolsero cuculado *Icterus cucullatus, Ixobrychus exilis, Mycteria americana, Oxyura dominica, Puffinus auricularis, Sterna antillarum, S. elegans, Sula sula*. Especies indicadoras: *Typha domingensis y Cerithium* sp., indicadoras de eutroficación; la ausencia de *Toxopneustes roseus* indicadora de deterioro y la presencia de *Salicornia bigelovii* indicadora de hipersalinidad. Zona de anidación de aves y tortugas.
Aspectos económicos: pesca media de tipo artesanal y en cooperativas. Cultivos de cocodrilo y ostión; explotación de camarón, langostinos *Macrobrachium americanum* y *M. tenellum*, lisa, robalo, mojarra y charal. Turismo poco relevante, agricultura de temporal, ganadería y recursos minerales.
Problemática:

Modificación del entorno: sobrexplotación de afluentes; tala y deforestación; represas en los ríos y falta de agua dulce; laguna de Chacahua muy alterada. Apertura de la boca para recambio hídrico y entrada de fauna marina.

Contaminación: en Chacahua por alta DBO y tasa alta de sedimentación de partículas debido a la erosión de suelos.

Uso de recursos: sobrexplotación en pesca y pastoreo. Hay actividades inadecuadas como el uso de explosivos, de venenos, recolección de especies exóticas y pesca ilegal. Especies introducidas de tilapia. Existe una negativa por parte de la CNA para restituir el agua a la laguna, a pesar de ya estar construidos los canales para este fin; la boca de la laguna ha sido bloqueada. Uso de suelo agrícola y ganadero.

Conservación: se necesita una determinación del gasto ecológico mínimo para las lagunas costeras; restricción de actividades agrícolas; planeación y manejo racional de la pesca en lagunas costeras; obras de infraestructura para el saneamiento de las lagunas costeras. La laguna de Chacahua es considerada Parque Nacional desde 1937.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma Benito Juárez; Instituto Tecnológico de Oaxaca; Centro Interdisciplinario de Desarrollo Integral, IPN; Universidad del Mar en Pto. Angel, Oax.; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Salina Cruz, Oax.

32. SOCONUSCO

Estado(s): Chiapas **Extensión:** 9 314.63 km^2
Polígono: Latitud 16°11'24" - 14°31'48" N
Longitud 93°56'24" - 92°04'12" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagunas de Buenavista, Zacapualco, de la Joya, el Viejo, Panzacola y Tembladeras, pantanos.

lóticos: ríos Suchiate Cahuatán, Coatán, Huixtán, Huehuetán, Cavo Ancho, Cintalapa, Doña María, Cacalupa, Sesecapa, San Nicolás, Bobo, Coapa, Pijijiapan, Nancinapa, Higuerilla, Mosquitos, Patos, Jesús, Parral, Amates, manantiales.

Limnología básica: Pantanos salobres: 40 mil ha. Pantanos dulceacuícolas: 100 mil ha.

Geología/edafología: planicie costera y sierra Soconusco con suelos tipo Litosol, Acrisol, Regosol, Solonchak, Andosol, Luvisol, Nitosol y Cambisol. Rocas sedimentarias y aporte de aluvión a la cuenca.

Características varias: clima templado húmedo, semicálido húmedo y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 16-30°C. Precipitación total anual de 1 200 - >4 500 mm.

Principales poblados: Mapastepec, Tapachula, Escuintla, Soconusco, Pijijiapan, Jaltenango, Tonalá

Actividad económica principal: agricultura de temporal y de riego, ganadería, silvicultura, pesca, recursos petroleros y turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques tropical caducifolio, subcaducifolio y perennifolio, de pino-encino, de pino, de encino, de liquidambar y mesófilo de montaña, selva baja y mediana subperennifolia, pastizal natural y cultivado, vegetación ribereña, palmar, manglar, popal, tular. Alta diversidad de comunidades vegetales, de aves migratorias y acuáticas, peces y crustáceos dulceacuícolas. Flora característica: bosque de pinabeto *Abies guatemalensis*, nuculpat *Cupressus lindleii*, ciprés común *Juniperus gamboana*; pinares de *Pinus hartwegii*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. tenuifolia*, *P. teocote*; encinares de chiquinib *Quercus acatenangensis*, batché *Q. brachystachys*, chicharro *Q. corrugata*, *Q. crispifolia*, cantulán colorado *Q. oocarpa*, *Q. pilicaulis*, *Q. sapotifolia*; coyol *Acrocomia mexicana*, guaje blanco *Albizia caribaea*, ganacastillo *A. guachapele*, canaco *Alchornea latifolia*, helecho arborescente *Alsophila salvinii*, lombricero *Andira inermis*, peine *Apeiba tibourbou*, madrón *Arbutus glandulosa*, chichi colorado *Aspidosperma megalocarpon*, jocotillo *Astronium graveolens*, guaquemico *Beilschmiedia riparia*, mujú *Brosimum costaricanum*, copal *Bursera excelsa*, mulato *B. simaruba*, frijolillo *Caesalpinia velutina*, leche amarilla *Calophyllum antillanum*, canelo *Calycophyllum candidissimum*, *Capparis cynophallophora*, *C. flexuosa*, cedro *Cedrela mexicana*, ceiba *Ceiba pentandra*, pacaya *Chamaedorea wendlandiana*, memela *Clusia salvinii*, *Coccoloba barbadensis*, carnero *C. escuintlensis*, *Cochlospermum vitifolium*, coralillo *Cojoba arborea*, zapotillo *Couepia polyandra*, matapalo *Coussapoa purpusii*, manzanilla *Crataegus pubescens*, coppalchí *Croton guatemalensis*, palma de escoba *Cryosophila nana*, *Cyathea fulva*, *C. valdecrenata*, cola de pava *Cupania glabra*, peine *Dalbergia funera*, granadillo *D. granadillo*, mano de león *Dendropanax arboreus*, *D. populifolius*, zapotillo *Dipholis minutiflora*, guanacaste *Enterolobium cyclocarpum*, flor de mayo *Erblichia xylocarpa* var. *mollis*, huesito *Erythroxylum areolatum*, huesito *Faramea occidentalis*, amate *Ficus cotinifolia*, amate blanco de monte *F. crassiuscula*, chileamate *F. hemsleyana*, palma arbustiva ixtapil *Geonoma celeris*, *Gliricidia sepium*, trompillo *Guarea trompillo*, brasil *Haemotoxylum brasiletto*, citeíto *Hasseltia guatemalensis*, *Hedyosmum mexicanum*, jabilla *Hura polyandra*, guapinol *Hymenaea courbaril*, *Jatropha curcas*, granadillo *Lafoensia punicaefolia*, totoposte *Licania arborea*, matabuey *Lonchocarpus rugosus*, algodoncillo *Luehea candida*, *Matudaea trinervia*, *Morus* sp., patastillo *Miconia argentea*, baricoco *Micropholis mexicana*, bálsamo *Myroxylon balsamum* var. *pereirae*, aguacatillo *Nectandra globosa*, palo de aguacate *N. sinuata*, *Ocotea chiapensis*, pimientillo *O. veraguensis*, *Perrottetia longistylis*, *Pithecellobium dulce*, espino negro *Piptadenia flava*, corazón bonito *Poeppigia procera*, *Prosopis juliflora*, cerezo *Prunus capuli*, llorasangre *Pterocarpus rohrii*, molinillo *Quararibea funebris*, toronjil *Rheedia edulis*, palma real *Sabal mexicana*, tepenaguaste *Samanea saman*, amatillo *Sapium macrocarpum*, manaca *Scheelea preussii*, cuchillal *Schizolobium parahybum*, tempisque *Sideroxylon tempisque*, caquito *Sloanea terniflora*, chapona *Stemmadenia donnell-smithii*, *Stenocereus standleyi*, castaño *Sterculia apetala*, naranjo *Swartzia ochnacea*, caoba *Swietenia humilis*, *Symplococarpon hartwegii*, *S. flavifolium*, palo blanco *Tabebuia donnell-smithii*, roble serrano *T. palmeri*, volador *Terminalia amazonia*, amate blanco *Tetrorchidium rotundatum*, estrellita *Trophis chorizantha*, *T. cuspidata*, cedrillo *Turpinia occidentalis*, sacacera *Vatairea lundellii*, cacao volador *Virola guatemalensis*, *Ziziphus amole*. Las epifitas son muy abundantes entre las que se incluyen orquídeas, varias especies de aráceas, bromelias, helechos y musgos. A lo largo de la costa, en los terrenos arenosos se desarrolla una curiosa selva baja decidua, muy densa con muchas especies espinosas y algunas de follaje persistente como limoncillo *Achatocarpus nigricans*, camarón *Alvaradoa amorphoides*, copal *Bursera excelsa*, clavelina *Capparis flexuosa* y *C. indica*, papaturro *Coccoloba caracasana*, carnero *C. floribunda*, sacramento *Jacquinia macorcarpa macro-*

carpa, zapotillo *Maba verae-crucis*, huamuchil *Pithecellobium dulce* y *P. recordii*, mezquite *Prosopis juliflora*, crucecita *Randia armata*, coralillo *Rauvolfia hirsuta*, caoba *Swietenia humilis*, mapahuite *Trichilia hirta* y *T. trifolia*; en los claros se desarrolla con gran abundancia el chaco *Acanthocereus tetragonus*. Los manglares están representados por el mangle rojo *Rhizophora mangle*, asociado con madre de sal *Avicennia germinans*, mangle blanco *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora harrisonii* y mangle prieto *Conocarpus erectus*. La vegetación acuática y subacuática está representada por *Pachira aquatica*, *Typha* spp., *Thalia geniculata* asociada a *Heliconia* spp., *Calathea* spp. y las palmas *Sabal mexicana* y *Scheelea preussii*. Fauna característica: de moluscos *Acanthochitona avicula* (zona litoral), *Chiton albolineatus* (bajo rocas), *Radsiella muscaria*; de peces *Anableps dowi*, *Brachyrhaphis hartwegi*, *Cichlasoma macracanthum*, *C. trimaculatum*, *Gymnotus* sp., *Lepisosteus tropicus*, *Poecilia butleri*, *Poeciliopsis fasciata*, *Rhamdia guatemalensis*, *R. parryi*; de reptiles como el dragoncillo verde *Abronia matudai*, la nauyaca verde *Bothriechis ornatus*, la salamandra *Dendrotriton xolocalcae*; de aves como el loro de cabeza azul *Amazona farinosa*, *Anas acuta*, el buco collarejo *Notharchus macrorhynchus*, la matraca chiapaneca *Campylorhynchus chiapensis*, la fragata *Fregata magnificens*, el pajuil *Penelopina nigra*, el quetzal *Pharomachrus mocinno*, el búho serrano *Strix fulvescens*; de mamíferos como el murciélago *Balantiopteryx plicata*, el tlacuache *Marmosa mexicana*, el oso hormiguero arborícola *Tamandua mexicana*. Endemismo de plantas *Alfaroa* aff. *mexicana*, *Anthurium ovadense*, *Ceratozamia matudai*, amate blanco *Ficus crassiuscula*, *Quercus ovandensis*, *Zamia soconuscensis*; del palemónido *Creaseria morleyi* y del decápodo *Typhlatya pearsei*, que habitan en grutas; de reptiles como el caimán *Crocodylus chiapasi*; de aves como el rascador barbiamarillo *Atlapetes gutturalis*, el periquito serrano *Bolborhynchus lineola*, la chara de niebla *Cyanolyca pumilo*, el rascadorcito patilludo *Melozone biarcuatum*, el rascadorcito orejiblanco *M. leucotis*. Especies amenazadas: de plantas como el helecho arborescente *Alsophila salvinii*, la cicadácea *Ceratozamia matudai*, el ciprés *Cupresus benthamii*, las orquídeas *Brassia verrucosa*, *Encyclia baculus*, *E. vitellina*, *Lemboglossum cordatum*, *L. rossii*, *Oncidium bicallosum*, *O. ornithorrhynchum*, *Sobralia macrantha*, las bromeliáceas *Tillandsia argentina*, *T. lampropoda* y *T. tricolor*; de reptiles como el *Crocodylus chiapasi*; de aves como el loro de nuca amarilla *Amazona auropalliata*, el loro de cabeza azul *Amazona farinosa*, *Aratinga holochlora*, el momoto gorjiazul *Aspatha gularis*, el colibrí enano sureño *Atthis ellioti*, la matraca chiapaneca *Campylorhynchus chiapensis*, el hocofaisán *Crax rubra*, *Falco peregrinus*, el pavón *Oreophasis derbianus*, la chachalaca ventriblanca *Ortalis leucogastra*, la cojolita *Penelope purpurascens*, el pajuil *Penelopina nigra*, el quetzal *Pharomachrus mocinno*, el zopilote rey *Sarcoramphus papa*, el águila ventriblanca *Spizaetus melanoleucus*, el águila elegante *S. ornatus*, el águila tirana *S. tyrannus*, la tangara de alas azules *Tangara cabanisi*; de mamíferos como el mono araña *Ateles geoffroyi*, el viejo del monte *Eira barbara*, el grisón *Galictis vittata*, el ocelote *Leopardus pardalis*, la nutria *Lutra longicaudis*, el jaguar *Panthera onca*, el puma *Puma concolor* y el tapir *Tapirus bairdii*. Aves de manglar y de lagunas amenazadas por pérdida del hábitat y de calidad del agua. Especies indicadoras: *Pachira aquatica y* macrofitas acuáticas indicadoras de pantanos dulceacuícolas; *Rhizophora harrisonii y R. mangle* indicadoras de pantanos salobres.

Aspectos económicos: pesquerías de cíclidos exóticos y nativos y de crustáceos *Macrobrachium acanthurus*, *M. americanum*, *M. carcinus*, *M. occidentale* y *M. tenellum*. Cultivos de café, cacao, soya, caña de azúcar, frijol, mango, sandía, plátano, cítricos, maíz, tabaco; ganado bovino, porcino y lanar. Recolección de palma shate y extracción de madera. Existen recursos petroleros. Turismo en crecimiento. Ganadería extensiva.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, cambio de uso de suelo por amplias zonas ganaderas. Incendios provocados, pérdida de suelo, represamiento, desviación de ríos y azolvamiento de los cuerpos de agua. Colonización irregular en las laderas y partes altas.

Contaminación: por agroquímicos, materia orgánica, hidrocarburos y desechos urbanos y provenientes de las granjas acuícolas.

Uso de recursos: especies introducidas de tilapia, carpas y pastos. Sobrepesca de peces y camarones que han conducido a un decremento en las poblaciones naturales. Agricultura de temporal y humedad inadecuada. Saqueo de especies en riesgo, de aves acuáticas, huevos de tortugas y peces. Recolección de palma shate y extracción de madera. Uso de suelo agrícola, ganadero, forestal y para acuicultura.

Conservación: algunos cultivos han cambiado de agroquímicos a orgánicos. Se necesita planeación del represamiento y desvío de ríos. Se requiere de una regionalización ecológica, regeneración del bosque de niebla, inventarios de flora y fauna, autoecología de especies importantes como el quetzal y el pavón, la herpetofauna y los hongos macromicetos. También se debe controlar el crecimiento de la acuicultura para

evitar daños al manglar y a las poblaciones naturales que lo habitan. Comprende las Reservas de la Biosfera El Triunfo y La Encrucijada. Existen conflictos sobre la tenencia de la tierra y las concesiones para pesca, los cuales deben resolverse. Actualmente la Reserva de la Biosfera El Triunfo está dentro del programa Parques en Peligro de la organización conservacionista The Nature Conservancy. Por otra parte, la Reserva de la Biosfera La Encrucijada está considerada, por la Convención de Ramsar, como un excelente ejemplo de humedal costero del Pacífico americano.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad Autónoma Metropolitana; Universidad del Mar en Pto. Angel, Oax.; Centro Interdisciplinario de Desarrollo Integral, IPN; Instituto de Historia Natural; Instituto Nacional de Ecología, Semarnap.

REGIÓN ALTIPLANO NORTE

33. SAMALAYUCA

Estado(s): Chihuahua Extensión: 19 113.28 km^2
Polígono: Latitud 31°39'36" - 29°25'12" N
Longitud 109°02'24" - 107°14'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lagunas Sta. María, Guzmán y Patos, charcas temporales.
lóticos: ríos Casas Grandes, Santa María, del Carmen y Janos, manantiales.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: rodeado por las sierras Las Lilas y Boca Grande. Suelos tipo Regosol, Litosol, Solonchak, Xerosol y Solonetz.
Características varias: clima seco y muy seco templado con lluvias en verano, temperatura media anual 12-18°C. Precipitación total anual de 200-400 mm.
Principales poblados: Nuevo Casas Grandes, Villa Ahumada.
Actividad económica principal: forestal y agropecuaria.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: pastizal halófilo, matorral desértico micrófilo, vegetación halófila y vegetación de desiertos arenosos. Flora característica: pastizales con *Bouteloua gracilis*, *B. hirsuta*, *Fouqueria splendens*, parches aislados de *Ephedra trifurca*, *Opuntia* spp., *Prosopis* spp. y *Yuca* spp. Ictiofauna característica de *Ameiurus melas*, *Cyprinella lutrensis* spp., *Cyprinodon fontinalis*, *Pantosteus plebeius*. Endemismo de peces *Cyprinella bocagrande*, *C. formosa*, *C. formosa* spp., *Gila nigrescens*, *G. pulchra*, *Ictalurus pricei*, *Pimephales promelas* y una especie de trucha no descrita. Especies amenazadas de peces, además de las ya mencionadas, *Campostoma ornatum*, *Catostomus bernardini*, *Cyprinella lutrensis*, *Gambusia affinis*, *G. senilis*, *Lepomis macrochirus*, *Pantosteus plebeius*; de aves *Accipiter striatus*, *Aquila chrysaetos*, *Asio flammeus*, *Bubos virginianus*, *Charadrius montanus*, *Circus cyaneus*, *Falco columbarius*, *F. femoralis*, *F. mexicanus*, *F. peregrinus*, *Haliaeetus leucocephalus*, *Parabuteo unicinctus*, *Speotyto cunicularia*, *Vermivora luciae*. Posee la colonia de mayor tamaño de perros de las praderas en el mundo.
Aspectos económicos: pesquería de trucha endémica, no descrita; actividades minera, agropecuaria y de enervantes.
Problemática:
Modificación del entorno: cuenca alta conservada y cuenca baja degradada. Deforestación, desecación y sobrexplotación de mantos freáticos.
Contaminación: por agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales urbanas.
Uso de recursos: pesca de especies nativas como la lobina negra *Micropterus salmoides* y el bagre de canal *Ictalurus punctatus* e introducidas como la carpa dorada *Carassius auratus*, la carpa común *Cyprinus carpio*, el bagre *Ictalurus melas* y la mojarra azul *Lepomis macrochirus*.
Conservación: preocupa la desecación de lagunas naturales para uso agropecuario y la sobrexplotación de los recursos hidráulicos. Hacen falta inventarios biológicos (grupos poco o no estudiados), monitoreos de los grupos conocidos e introducidos, estudios fisicoquímicos cambiantes del entorno, estudios de las aguas

subterráneas y dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat. Se propone frenar planes gubernamentales y privados de desecación de cuerpos de agua; establecer límites de almacenamiento de agua en presas y extracción de pozos; incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua; considerar al agua como recurso estratégico dada su escasez y a los cuerpos de agua como puente para aves migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; DUMAC; Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Autónoma de Cd. Juárez; Bioconservación A.C.; Instituto de Ecología, UNAM.

34. LAGO BABÍCORA

Estado(s): Chihuahua **Extensión:** 2 270.61 km^2
Polígono: Latitud 29°37'48" - 29°05'24" N
Longitud 108°13'48" - 107°30'36" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lago Babícora, charcas temporales.
lóticos: ríos San Miguel de Babícora y Piedras Verdes, manantiales.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: comprende las sierras La Catarina y Grande. Suelos tipo Feozem, Litosol y Regosol.
Características varias: climas semiseco templado, semiseco semifrío, semifrío subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 8-14°C. Precipitación total anual 300-500 mm.
Principales poblados: Gómez Farías, San José de Babícora.
Actividad económica principal: forestal y ganadera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: pastizal natural, bosques de pino-encino, de encino-pino, de pino y de encino. Ictiofauna característica de *Pantosteus plebeius.* Endemismo de los peces *Cyprinella formosa, Gila nigrescens* y *Pimephales promelas.* Especies amenazadas del del pez *Campostoma ornatum;* de aves *Aquila chrysaetos, Falco femoralis, F. mexicanus, Haliaeetus leucocephalus.* Hay aproximadamente 128 especies, representadas en 39 familias, de aves migratorias que usan estos ecosistemas. Incluyen 25 000 grullas grises *Grus canadensis*, 19 000 gansos nevados *Chen caerulescens* y 4 000 gansos frente blanca. Es también un sitio importante de reproducción de *Anas diazi.*
Aspectos económicos: actividad forestal, agricultura de temporal y de riego, minera, agropecuaria y de enervantes.
Problemática:
Modificación del entorno: cuenca alta conservada y cuenca baja degradada. Deforestación, desecación y sobrexplotación de mantos freáticos.
Contaminación: por agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales urbanas.
Uso de recursos: pesca de especies nativas como la lobina negra *Micropterus salmoides* y el bagre de canal *Ictalurus punctatus* e introducidas como la carpa dorada *Carassius auratus*, la carpa común *Cyprinus carpio*, el bagre *Ictalurus melas* y la mojarra azul *Lepomis macrochirus.*
Conservación: preocupa la desecación de lagunas naturales para uso agropecuario, la deforestación y la sobrexplotación de los recursos hidráulicos. Hacen falta inventarios biológicos (grupos poco o no estudiados), monitoreos de los grupos conocidos e introducidos, estudios fisicoquímicos cambiantes del entorno, estudios de las aguas subterráneas y dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat. Se propone frenar planes gubernamentales y privados de desecación de cuerpos de agua; establecer límites de almacenamiento de agua en presas y extracción de pozos; incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua; considerar al agua como recurso estratégico dada su escasez y a los cuerpos de agua como puente para aves migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; DUMAC; Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Autónoma de Cd. Juárez; Bioconservación A.C.; PROFAUNA, A.C.; Nuevo México State University, Iowa State University.

35. CUENCA ALTA DEL RÍO STA. MARÍA

Estado(s): Chihuahua **Extensión:** 4 395.32 km²
Polígono: Latitud 29°48'36" - 28°37'48" N
Longitud 107°39'36" - 107°08'24" W

Recursos **hídricos principales**
léntico: presa El Tintero, lagos.
lóticos: río Santa María.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: entre las sierras de las Tunas, el Rosal, Grande y la Catarina. Suelos tipo Xerosol, Feozem, Regosol y Litosol.
Características varias: clima semiseco templado con lluvias en verano y algunas en invierno. Temperatura media anual 10-18°C. Precipitación total anual 300-600 mm.
Principales poblados: Las Cruces, Buenaventura.
Actividad económica principal: forestal y agropecuaria.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de encino-pino, de encino, pastizal. Ictiofauna característica: *Cyprinella formosa, C. formosa* spp., *Cyprinella lutrensis, C. lutrensis* spp., *Pimephales promelas.* Endemismo de los peces *Gila nigrescens* y *G. pulchra.* Especies amenazadas de peces *Catostomus bernardini* y *Gambusia affinis*; de aves *Aquila chrysaetos, Falco femoralis* y *Haliaeetus leucocephalus.*
Aspectos **económicos:** actividad forestal, minera, agropecuaria y de enervantes.
Problemática:
Modificación del entorno: cuenca alta conservada. Deforestación, desecación y sobrexplotación de mantos freáticos.
Contaminación: por agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales urbanas.
Uso de recursos: pesca de especies nativas como la lobina negra *Micropterus salmoides* y el bagre de canal *Ictalurus punctatus* e introducidas como la carpa dorada *Carassius auratus*, la carpa común *Cyprinus carpio*, el bagre *Ictalurus melas* y la mojarra azul *Lepomis macrochirus.*
Conservación: preocupa la desecación de lagunas naturales para uso agropecuario, la contaminación de la industria papelera, la deforestación y la sobrexplotación de los recursos hidráulicos. Hacen falta inventarios biológicos (grupos poco o no estudiados), monitoreos de los grupos conocidos e introducidos, estudios fisicoquímicos cambiantes del entorno, estudios de las aguas subterráneas y dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat. Se propone frenar planes gubernamentales y privados de desecación de cuerpos de agua; establecer límites de almacenamiento de agua en presas y extracción de pozos; incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua; considerar al agua como recurso estratégico dada su escasez y a los cuerpos de agua como puente para aves migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; DUMAC; Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Autónoma de Cd. Juárez; Bioconservación A.C.

36. CUENCA ALTA DEL RÍO DEL CARMEN

Estado(s): Chihuahua **Extensión:** 3 890.96 km²
Polígono: Latitud 29°39'36" - 28°54'36" N
Longitud 107°13'48" - 106°31'12" W

Recursos **hídricos principales**
lénticos: charcas temporales.
lóticos: ríos del Carmen y Sta. Clara, manantiales.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: entre las sierras el Nido, el Rosal y las Tunas hasta el valle los Piloncillos. Suelos tipo Xerosol, Cambisol, Feozem, Regosol y Litosol.

Características varias: clima semiseco templado con lluvias en verano y algunas en invierno. Temperatura media anual 10-18°C. Precipitación total anual 300-800 mm.

Principales poblados: Ricardo Flores Magón, San Lorenzo, Sta. Catalina.

Actividad económica principal: forestal y agropecuaria.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de encino-pino, de encino, pastizal, matorral desértico. Ictiofauna características: *Cyprinella lutrensis* spp., *C. formosa, C. formosa* spp., *Notropis* sp. Endemismo del pez *Gila nigrescens* y una especie de trucha no descrita. Especies amenazadas de peces *Campostoma ornatum* y *Cyprinella lutrensis;* de aves *Aquila chrysaetos, Falco femoralis* y *Haliaeetus leucocephalus.* Se cree que existe lobo mexicano *Canis lupus* y oso negro *Ursus americanus*.

Aspectos económicos: actividad forestal, minera, agropecuaria y de enervantes.

Problemática:

Modificación del entorno: cuenca alta conservada. Deforestación, desecación y sobrexplotación de mantos freáticos.

Contaminación: agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales urbanas.

Uso de recursos: pesca de especies nativas como la lobina negra *Micropeterus salmoides* y el bagre de canal *Ictalurus punctatus* e introducidas como la carpa común *Cyprinus carpio*, la mojarra azul *Lepomis macrochirus* y la mojarra gigante *L. megalotis*.

Conservación: preocupa la desecación de lagunas naturales para uso agropecuario, la contaminación de la industria papelera, la deforestación y la sobrexplotación de los recursos hidráulicos. Hacen falta inventarios biológicos (grupos poco o no estudiados), monitoreos de los grupos conocidos e introducidos, estudios fisicoquímicos cambiantes del entorno, estudios de las aguas subterráneas y dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat. Se propone frenar planes gubernamentales y privados de desecación de cuerpos de agua; establecer límites de almacenamiento de agua en presas y extracción de pozos; incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua; considerar al agua como recurso estratégico dada su escasez y a los cuerpos de agua como puente para aves migratorias.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; DUMAC; Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Autónoma de Cd. Juárez; Bioconservación A.C.

37. LAGO BUSTILLOS

Estado(s): Chihuahua **Extensión:** 3 302.7 km^2

Polígono: Latitud 28°58'12" - 28°15'00" N

Longitud 107°09'36" - 106°15'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lago Bustillos, charcas temporales.

lóticos: río Sta. Rosa.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: suelos tipo Planosol y Feozem.

Características varias: clima semiseco templado y semifrío subhúmedo con lluvias en verano y en invierno. Temperatura media anual 12-18°C. Precipitación total anual de 400-600 mm.

Principales poblados: Cuauhtémoc, Bustillos, Anáhuac.

Actividad económica principal: pesquera, minera, forestal y agropecuaria.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de encino-pino, de encino, pastizal natural e inducido y matorral desértico. Fauna característica: de peces *Etheostoma australe, E. pottsi, Moxostoma austrinum.* Endemismo de peces *Codoma ornata, Cyprinodon* spp., *Gila nigrescens, G. pulchra, Notropis chihuahua, N. braytoni* y *Pimephales promelas*; de aves acuáticas migratorias y nativas como *Grus canadensis, Chen caerulescens, C. rossii, Anas diazi* y patos de la tribu Anatini, de rapaces migratorias y residentes como *Aquila chrysaetos, Falco femoralis* y *Haliaeetus leucocephalus.* Especies amenazadas de peces *Astyanax mexicanus,*

Campostoma ornatum, Catostomus bernardini, Cyprinodon eximius, Gambusia senilis. Al parecer hay lobo mexicano *Canis lupus* y oso negro *Ursus americanus*.
Aspectos económicos: actividad forestal, minera, agropecuaria y de enervantes.
Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, desecación y sobrexplotación de mantos freáticos.

Contaminación: por agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales urbanas.

Uso de recursos: pesca de especies nativas como la lobina negra *Micropeterus salmoides* y el bagre de canal *Ictalurus punctatus* e introducidas como la carpa común *Cyprinus carpio*, la mojarra azul *Lepomis macrochirus* y la mojarra gigante *L. megalotis*.

Conservación: preocupa la desecación de lagunas naturales para uso agropecuario, la deforestación y la sobrexplotación de los recursos hidráulicos. Hacen falta inventarios biológicos (grupos poco o no estudiados), monitoreos de los grupos conocidos e introducidos, estudios fisicoquímicos cambiantes del entorno, estudios de las aguas subterráneas y dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat. Se propone frenar planes gubernamentales y privados de desecación de cuerpos de agua; establecer límites de almacenamiento de agua en presas y extracción de pozos; incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua; considerar al agua como recurso estratégico dada su escasez y considerar a los cuerpos de agua como puente para aves migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; DUMAC; Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Autónoma de Cd. Juárez; Bioconservación A.C.

38. LAGO LOS MEXICANOS

Estado(s): Chihuahua — Extensión: 884.16 km^2
Polígono: Latitud 28°19'48" - 27°58'48" N
Longitud 107°13'48" - 106°50'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos Los Mexicanos, San Rafael, charcas temporales.

lóticos: ríos Satevó, Bacochi, arroyos temporales.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: Sierra de San José. Suelos tipo Planosol, Feozem, Regosol y Cambisol.
Características varias: clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 10-16°C. Precipitación total anual 400-600 mm.

Principales poblados: La Ciénega de Ojos Azules, Cuauhtémoc.

Actividad económica principal: forestal y agropecuaria.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de encino-pino, de encino, pastizal natural e inducido. Área de una gran concentración de aves acuáticas migratorias principalmente de anátidos y grullas como *Grus canadensis, Chen caerulescens, C. rossii* y *Anas diazi* y especies rapaces migratorias como *Aquila chrysaetos, Falco femoralis* y *Haliaeetus leucocephalus*. Endemismo de los peces *Codoma ornata, Gila nigrescens, G. pulchra, Notropis chihuahua, Pimephales promelas*. Especies amenazadas de peces *Campostoma ornatum, Catostomus bernardini, Cyprinodon eximius*.
Aspectos económicos: especie comercial de trucha endémica, no descrita; actividad forestal, minera, agropecuaria y de enervantes.
Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, desecación y sobrexplotación de mantos freáticos.

Contaminación: por agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales urbanas.

Uso de recursos: pesca de especies nativas como la lobina negra *Micropeterus salmoides* y el bagre de canal *Ictalurus punctatus* e introducidas como la carpa común *Cyprinus carpio*, la mojarra azul *Lepomis macrochirus* y la mojarra gigante *L. megalotis*.

Conservación: preocupa la desecación de lagunas naturales para uso agropecuario, la deforestación y la sobrexplotación de los recursos hidráulicos. Hacen falta inventarios biológicos (grupos poco o no estudiados),

monitoreos de los grupos conocidos e introducidos, estudios fisicoquímicos cambiantes del entorno, estudios de las aguas subterráneas y dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat. Se propone frenar planes gubernamentales y privados de desecación de cuerpos de agua; establecer límites de almacenamiento de agua en presas y extracción de pozos; incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua; considerar al agua como recurso estratégico dada su escasez y los cuerpos de agua como puente para aves migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; DUMAC; Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Autónoma de Cd. Juárez; Bioconservación A.C.

39. CUENCA ALTA DEL RÍO CONCHOS Y RÍO FLORIDO

Estado(s): Chihuahua y Durango — **Extensión:** 21 139.93 km^2
Polígono: Latitud 28°06'36" - 26°03'36" N
Longitud 107°43'48" - 105°15'00" W

Recursos **hídricos principales**
léntícos: presas La Boquilla, Colina, San Miguel, Francisco I. Madero, Torreoncillos, Talamantes, Parral, Canutillos y San Juan, lagos Chancaplea, Las Arenosas, El Gigante, El Milagro, El Remolino y el Rincón.
lóticos: ríos Florido, Conchos, San Pedro, Primero, El Álamo, Chuviscar, Parral, San Juan, Balleza, Nonoava, Matalotes y de Gallos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: entre las sierras Tarahumara, de Las Pampas, de Los Remedios, Las Vírgenes, El Llano y Los Gigantes. Tipos de suelo Regosol, Feozem, Cambisol, Litosol y Xerosol.
Características varias: clima semiseco templado, semiseco semicálido, muy seco semicálido, templado subhúmedo, semifrío subhúmedo. Temperatura media anual 8-18°C. Precipitación total anual 300-1 000 mm.
Principales poblados: Chihuahua, Delicias, Hidalgo del Parral, Cd. Camargo.
Actividad económica principal: acuicultura, ganadería, minería y agricultura.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: pastizal natural huizachal, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, bosques de pino-encino, encino-pino, de encino y vegetación halófila. Fauna característica: de crustáceos *Orconectes (Gremicambarus) virilis* y *Procambarus (Scapulicambarus) clarkii*; de peces *Ameiurus melas, Astyanax mexicanus, Campostoma ornatum, Cyprinella lutrensis, Cyprinodon eximius, C. pachycephalus, Dionda episcopa, Gambusia affinis, G. hurtadoi, G. senilis, Etheostoma australe, E. grahami, E. pottsi, Lepisosteus osseus, Lepomis cyanellus, L. marginatus, Moxostoma austrinum, Notropis amabilis, Oncorhynchus chrysogaster, Pylodictis olivaris, Rhinichthys cataractae.* Todas estas especies se encuentran amenazadas, muchas de ellas son indicadoras de aguas limpias. Especies endémicas de peces *Codoma ornata, Cyprinella panarcys, Cyprinodon macrolepis, Gambusia alvarezi, Gila nigrescens, G. pulchra, Notropis braytoni, N. chihuahua, N. jemezanus, Pimephales promelas.*
Aspectos económicos: explotación de robalo, truchas, pescado blanco, bagre, carpa, charal y tilapia. Actividad forestal, agropecuaria, minera e industrial (maquiladoras). Existen recursos petroleros.
Problemática:
Modificación del entorno: deforestación, desecación y sobrexplotación de mantos freáticos.
Contaminación: cuenca media altamente contaminada por agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales urbanas e industriales.
Uso de recursos: pesca de especies nativas como el bagre de canal *Ictalurus punctatus,* la lobina negra *Micropterus salmoides* e introducidas como las carpas *Carpiodes carpio* y *Cyprinus carpio*, los charales *Chirostoma aculeatum, C. consocium, C. jordani, C. labarcae;* la sardina molleja *Dorosoma cepedianum,* el pez zebra *Fundulus zebrinus,* el pez sol *Lepomis cyanellus,* la mojarra azul *L. macrochirus,* la mojarra gigante *L. megalotis,* el plateadito *Menidia beryllina,* el robalo blanco *Pomoxis annularis.* La introducción de especies exóticas ha puesto en riesgo a numerosos endemismos.
Conservación: preocupa la deforestación, la sobrexplotación de recursos hidráulicos y la contaminación industrial y de agroquímicos. Faltan inventarios biológicos, estudios fisicoquímicos del entorno, estudio de los

sistemas subterráneos y de dinámica poblacional sensibles a alteraciones del ambiente. Se proponen planes de manejo integrales y compartidos con las cuencas adyascentes.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; Universidad Autónoma de Nuevo León; Bioconservación A.C.

40. RÍO NAZAS

Estado(s): Durango — Extensión: 35 036.86 km^2
Polígono: Latitud 26°32'24" - 23°57'36" N
Longitud 106°18'00" - 103°37'12" W

Recursos **hídricos principales**
lénticos: presas Lázaro Cárdenas, Francisco Zarco, el Palmito y lago de Santiaguillo.
lóticos: ríos San Juan, Ramos, Potreritos, del Oro, Nazas, Santiago, Tepehuanes y Peñón Blanco.
Limnología básica: cuenca baja alterada.
Geología/edafología: rodeada por las sierras de Tepehuanes, de la Candela, de las Canoas, Meseta de la Zarca, Bolsón de Mapimí y Valle de San Juan. Suelos tipo Regosol, Litosol, Feozem, Rendzina, Xerosol, Cambisol y Castañozem.
Características varias: climas semiseco semicálido, muy seco semicálido, seco templado, templado subhúmedo, semifrío subhúmedo con lluvias en verano y algunas en invierno. Temperatura media anual de 14-22°C. Precipitación total anual de 100-700 mm.
Principales poblados: Victoria de Durango, Gómez Palacios, Sta. María del Oro, Peñón Blanco, Sta. Catarina de Tepehuanes, Torreón, Nuevo Ideal, Canatlán, Santiago Papasquiaro.
Actividad económica principal: agropecuaria, industrial y acuícola.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: pastizal natural, bosques de pino-encino, encino-pino, tascate, matorral de manzanilla, matorral desértico rosetófilo, matorral crasicaule, vegetación acuática, semiacuática y ribereña. Fauna característica: de peces *Astyanax mexicanus, Campostoma ornatum, Catostomus plebeius, Characodon lateralis, Chirostoma mezquital, Cyprinella alvarezdelvillari, C. lepida, Dionda episcopa, Etheostoma pottsi, Moxostoma austrinum, Pantosteus plebeius.* Todas estas especies se encuentran amenazadas. Especies endémicas de peces *Codoma ornata, Cyprinella garmani, Cyprinodon meeki, C. nazas, Gila conspersa, Gila* sp., *Ictalurus pricei, Ictiobus* sp., *Notropis chihuahua, N. nazas, Notropis* sp., *Stypodon signifer.* Especies extintas: *Characodon garmani, Cyprinodon latifasciatus, Stypodon signifer.* La zona sirve de refugio para aves migratorias como patos y gansos y de anidación de *Rhynchopsitta pachyrhyncha.*
Aspectos **económicos:** pesca de actividad agropecuaria, industrial y forestal. Recursos termoeléctricos.
Problemática:
Modificación del entorno: deforestación, desecación e incendios.
Contaminación: por actividades agropecuarias, industriales y descargas urbanas.
Uso de recursos: pesca de especies nativas como la lobina negra *Micropterus salmoides* e introducidas como la carpa dorada *Carassius auratus*, los charales *Chirostoma consocium, C. jordani, C. labarcae, C. sphyraena,* el pez blanco *Chirostoma estor*; la carpa común *Cyprinus carpio*, la mojarra azul *Lepomis macrochirus,* las tilapias *Oreochromis aureus* y *O. mossambicus.* Cacería furtiva de aves acuáticas.
Conservación: preocupa la sobrexplotación de recursos hidráulicos, la deforestación y la contaminación. Hacen falta inventarios biológicos (grupos poco o no estudiados), monitoreos de los grupos conocidos e introducidos, estudios fisicoquímicos cambiantes del entorno, estudios de las aguas subterráneas y dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat. Se propone frenar planes gubernamentales y privados de desecación de cuerpos de agua; establecer límites de almacenamiento de agua en presas y extracción de pozos; incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua; considerar al agua como recurso estratégico dada su escasez y a los cuerpos de agua como puente para aves migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Juárez Autónoma de Durango; Bioconservación A.C.; Centro Interdisciplinario de Desarrollo Integral.

41. CUENCA BAJA DEL RÍO CONCHOS

Estado(s): Chihuahua **Extensión:** 3 536.33 km^2
Polígono: Latitud 29°55'12" - 29°08'24" N
Longitud 105°10'12" - 104°21'36" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presas Rosetilla y Luis L. León.
lóticos: río Conchos, arroyos, humedales, manantiales.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: entre las sierras Quemada y Cuchillo Parado. Tipos de suelo Regosol, Litosol, Yermosol y Xerosol.
Características varias: climas tipo semiseco templado, seco templado y seco semifrío con lluvias en verano. Temperaturas media anual de 16-22°C. Precipitación total anual de 200-400 mm.
Principales poblados: Ojinaga, Maclovio Herrera.
Actividad económica principal: industrial, minera y agropecuaria.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: pastizal, matorrales desértico micrófilo y rosetófilo. Fauna característica: de peces *Ameiurus melas, Astyanax mexicanus, Campostoma ornatum, Catostomus bernardini, Codoma ornata, Cyprinella lutrensis Cyprinodon eximius, Dionda episcopa, Eleotris abacurus, Etheostoma australe, E. grahami, E. pottsi, Gambusia affinis, G. senilis, Ictalurus punctatus, Lepisosteus osseus, Moxostoma austrinum, Notropis amabilis, Oncorhynchus chrysogaster, Pantosteus plebeius, Pimephales promelas, Pylodictis olivaris, Rhinichthys cataractae*; todas amenazadas por turbidez, calentamiento y aporte de aguas residuales. Endemismos de peces *Cyprinella panarcys, Cyprinodon macrolepis, C. pachycephalus, Notropis chihuahua, N. braytoni, N. jemezanus*.
Aspectos económicos: acuicultura de especies comerciales de carpas *Carpiodes carpio* y *Cyprinus carpio*, del bagre *Ictalurus furcatus* y de la tilapia *Oreochromis aureus*. Actividad industrial maquiladora, minera y agropecuaria.
Problemática:
Modificación del entorno: sobrexplotación del recurso hídrico y represas.
Contaminación: por agroquímicos, desechos industriales y aguas residuales urbanas.
Uso de recursos: pesca de especies nativas como la lobina negra *Micropterus salmoides* e introducidas como la carpa dorada *Carassius auratus*, la sardina molleja *Dorosoma cepedianum*, el pez zebra *Fundulus zebrinus*, el pez sol *Lepomis cyanellus*, la mojarra azul *L. macrochirus*, la mojarra gigante *L. megalotis* y el plateadito *Menidia beryllina*. La introducción de especies exóticas ha puesto en riesgo a numerosos endemismos.
Conservación: es necesaria la regulación del uso del agua y las descargas urbanas e industriales. Faltan inventarios biológicos, monitoreos del estado actual de la biodiversidad y especies introducidas, estudios fisicoquímicos y sus tendencias, estudios de los sistemas subterráneos y dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del ambiente. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad), considerar el agua como recurso estratégico. Existen problemas de salud y de disponibilidad de agua.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Chihuahua; Bioconservación A.C.; Universidad Autónoma de Cd. Juárez; Universidad Autónoma de Nuevo León.

42. RÍO BRAVO INTERNACIONAL

Estado(s): Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y Chihuahua **Extensión:** 2 932.62 km^2
Polígono: Latitud 31°49'48" - 25°47'24" N
Longitud 106°31'48" - 97°03'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presas La Amistad, Falcón, Marte R. Gómez, Anzalduas, el Culebrón.

lóticos: río Bravo.
Limnología básica: aguas subterráneas salitrosas.
Geología/edafología: corren a lo largo del río las sierras La Amargosa, El Pino, la Quemada, El Mulato. Tipos de suelo Xerosol, Rigosol, Litosol y Fluvisol.
Características varias: climas muy seco semicálido, muy seco templado, semiseco semicálido y semicálido subhúmedo con lluvias de verano. Temperatura media anual de 16-24°C. Precipitación total anual 100-700 mm. Zona sujeta a nortes y lluvias ciclónicas estacionales. Temperaturas extremosas: 38°C vs. 40 cm de nieve.

Principales poblados: Cd. Juárez, Acuña del Río, Piedras Negras, Cd. Camargo, Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, Nueva Ciudad Guerrero.

Actividad económica principal: pesca deportiva y comercial, industria maquiladora, turismo, comercio, agricultura y ganadería.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorrales xerófilo, submontano, rosetófilo, mezquital, pastizales, vegetación riparia, vegetación halófila, pastizal halófilo de zacahuistle, pastizales inducido y cultivado. Diversidad de hábitats: reservorios, humedales, isletas, pozas, rápidos, lodazales, arenales y cascadas. Vegetación acuática: *Najas* sp., *Potamogeton* sp. Fauna característica: de crustáceos como el langostino *Macrobrachium acanthurus*, el langostino pequeño *Palaemonetes kadiakensis*, el acocil *Procambarus simulans regiomontanus*; de moluscos las almejas *Anodonta* sp., *Lampsilis* sp., *Quadrulas* sp., *Unio* sp.; de peces *Achirus lineatus, Agonostomus monticola, Albula vulpes, Ameiurus melas, Anchoa mitchilli, A. lyolepis, A. hepsetus, Anguilla rostrata, Aplodinotus grunniens, Archosargus probatocephalus, Arius felis, Astyanax mexicanus, Atractosteus spatula, Bagre marinus, Bairdiella chrysura, B. ronchus, Brevoortia gunteri, Campostoma anomalum, C. ornatum, Caranx hippos, Catostomus plebeius, Centropomus parallelus, C. undecimalis, Cichlasoma cyanoguttatum, Citharichthys macrops, C. spilopterus, Cynoscion arenarius, Cyprinella lutrensis, Cyprinodon eximius, C. variegatus, Dasyatis sabina, Dionda diaboli, D. episcopa, D. melanops, Diplectrum bivittatum, D. formosum, Dormitator maculatus, Dorosoma petenense, D. cepedianum, Elops saurus, Etheostoma grahami, E. australe, Eucinostomus argenteus, Evorthodus lyricus, Fundulus grandis, Gambusia affinis, G. senilis, G. speciosa, Gerres rhombeus, Gobiomorus dormitor, Gobionellus oceanicus, Ictalurus punctatus, I. furcatus, I. lupus* spp., *Ictiobus bubalus, I. niger, Lepisosteus osseus, Lepomis cyanellus, L. gulosus, L. macrochirus, L. megalotis, Lucania parva, Macrhybopsis aestivalis, Membras martinica, Menidia beryllina, Micropogonias undulatus, Micropterus salmoides, Morone chrysops, Moxostoma austrinum, M. congestum, Mugil cephalus, M. curema, Notropis amabilis, N. buchanani, N. stramineus, Oncorhynchus clarkii virginalis, Pomadasys crocro, Percina macrolepida, Pimephales vigilax, P. promelas, Poecilia formosa, P. mexicana, P. latipinna, Pogonias chromis, Polydactylus octonemus, Pylodictis olivaris, Rhinichthys cataractae* y *Strongylura marina*; de aves *Aythya americana, A. valisineria, Anser albifrons, Chen caerulescens, Dendrocygna autumnalis, Egretta rufescens, Grus canadensis, Limosa fedoa, Numenius phaeopus, Pluvialis squamata, Tringa flavipes, T. melanoleuca*. Endemismos de plantas *Atriplex matamorensis, Clappia suaedaefolia, Manihot walkerae;* del crustáceo *Palaemonetes kadiakensis;* de peces *Cyprinella proserpina, C. panarcys, C. rutila, Cyprinodon macrolepis, C. pachycephalus, Gambusia senilis, Gila modesta, G. pulchra, Hybognathus amarus, Etheostoma australe, E. pottsi, Etheostoma* sp., *Notropis braytoni, N. chihuahua, N. jemezanus, N. panarcys, N. proserpinus, N. rutilus, N. saladonis, Notropis* sp., *Xiphophorus couchianus*. Además, de las especies anteriores que se encuentran amenazadas por desecación, contaminación y alteración de la calidad del agua se menciona también a las plantas *Dyssodia tephroleuca, Echinocereus reinchenbachii* var. *fitchii* y *Manfreda longiflora;* los peces *Cycleptus elongatus, Notropis orca, N. simus, Platygobio gracilis* y *Scaphirhynchus platorynchus* (probablemente extinta); los reptiles *Apalone spinifera, Siren lacertina* y *S. intermedia*; las aves *Charadrius melodus, Falco columbarius, F. peregrinus* y el mamífero *Castor canadensis*.
Aspectos económicos: pesca deportiva y comercial. Actividad industrial (maquiladoras), agropecuaria y turística. Recursos petroquímicos e hidráulicos.
Problemática:

Modificación del entorno: desecación y ensalitramiento. Asentamientos urbanos, actividades agropecuarias y apertura de caminos. Construcción de presas, alteración de la vegetación (causas multifactoriales).

Contaminación: altos niveles de contaminación industrial (metales pesados), urbana (materia orgánica) y agropecuaria (de todo tipo).

Uso de recursos: abastecimiento de agua y riego. Especies nativas e introducidas para pesca comercial y deportiva como los bagres *Bagre marinus, Ictalurus furcatus*, las carpas *Carpiodes carpio, Cyprinus carpio*, las mojarras *Gerres rhombeus, Lepomis cyanellus, L. macrochirus, L. megalotis*, los catanes *Lepisosteus oculatus, L. osseus, Atractosteus spatula*, el plateadito *Menidia beryllina*, la lobina negra *Micropterus salmoides*, la lobina blanca *Morone chrysops*, la lobina rallada *Morone saxatilis*, la tilapia *Oreochromis aureus*, la robaleta *Pomoxis annularis*, el acocil rojo *Procambarus clarkii*, la almejita china, la sardina de quilla y vegetación acuática introducida de *Hydrilla verticillata* y el pasto *Zosterella dubia*. Pesca ilegal, violación de vedas y tallas mínimas, trampas no selectivas.
Conservación: es necesaria la regulación del uso del agua y las descargas urbanas e industriales así como del establecimiento de plantas de tratamiento de agua. Faltan inventarios biológicos, monitoreos del estado actual de la biodiversidad y especies introducidas, estudios fisicoquímicos y sus tendencias, estudios de los sistemas subterráneos y dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del ambiente. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad), considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez) y como áreas de refugio para especies migratorias. Existen problemas de salud y de disponibilidad de agua. Comprende parte del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera norte; Universidad Autónoma de Nuevo León; Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Hidrogeofísica; Instituto Tecnológico y de Alimentos de Tamaulipas; Bioconservación A.C.

43. RÍO BRAVO - PIEDRAS NEGRAS

Estado(s): Coahuila **Extensión:** 8 244.4 km^2
Polígono: Latitud 29°18'36" - 28°12'36" N
Longitud 101°48'36" - 100°34'48" W

Recursos hídricos principales
lénticos:
lóticos: ríos San Antonio y San Rodrigo, manantiales, arroyos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: al este del lomerío de Coyotes. Tipo de suelo Xerosol, Rendzina y Castañozem.
Características varias: clima seco muy cálido y semiseco muy cálido con lluvias en verano. Temperatura media anual 20-22°C. Precipitación total anual de 400-600 mm.
Principales poblados: Piedras Negras, Allende, Villa Unión.
Actividad económica principal: agropecuaria y pesquera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral submontano, vegetación halófila, pastizal cultivado e inducido. Ictiofauna característica: *Astyanax mexicanus, Cichlasoma cyanoguttatum, Cyprinella lutrensis, Dionda diaboli, Etheostoma grahami, Gambusia speciosa, Lepomis macrochirus, L. megalotis, Lepisosteus osseus, L. oculatus, Moxostoma congestum, Notropis amabilis, N. braytoni, N. stramineus y Percina macrolepida*. Endemismo de peces *Cyprinella proserpina* y *Notropis jemezanus*. Todas estas especies son indicadoras de aguas claras y están amenazadas por enturbiamiento y azolve.
Aspectos económicos: actividad pecuaria y agricultura de riego.
Problemática:
Modificación del entorno: deforestación y modificación de la vegetación por sobrepastoreo.
Contaminación: ninguna.
Uso de recursos: pesca ilegal, agricultura de riego y ganadería. Pesca comercial y deportiva de la lobina negra *Micropterus salmoides*.
Conservación: es necesaria la regulación del uso del agua. Faltan inventarios biológicos, monitoreos del estado actual de la biodiversidad y especies introducidas, estudios fisicoquímicos y sus tendencias, estudios de los sistemas subterráneos y dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del ambiente. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáti-

cos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad), considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez) y como áreas de paso para especies migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Nuevo León; Profauna.

44. EL GUAJE

Estado(s): Chihuahua y Coahuila **Extensión:** 14 192.56 km^2
Polígono: Latitud 28°51'36" - 27°13'48" N
Longitud 104°36'00" - 102°45'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: Lagos el Guaje y Jaco, lagos salinos, presas, bordos ganaderos y agrícolas.
lóticos: ríos, arroyos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: situada en el llano El Guaje entre las sierras La Concordia, El Caballo, El Pino, La Máquina, Seca, Agua de Mayo y lomeríos (1 300 msnm). Suelos tipo Yermosol, Regosol, Solonchak y Litosol.
Características varias: clima muy seco semicálido y semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual de 16-22°C. Precipitación total anual de 100-400 mm y evaporación de 2 500 mm.
Principales poblados: Sta. Elena, Zenzontle, El Caballo.
Actividad económica principal: ganadería, producción de sal y cera, extracción de candelilla.
Indicadores de calidad de agua: se encuentra relativamente bien conservada.
Biodiversidad: tipos de vegetación: vegetación halófila, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo y mezquital. Vegetación característica de *Larrea tridentata, Pleuraphis mutica* y *Prosopis glandulosa.* La mayoría de los organismos no han sido estudiados. Reptiles y mamíferos en riesgo.
Aspectos económicos: actividad minera (explotación de salinas), extracción de candelilla y ganadería.
Problemática:
Modificación del entorno: sobrepastoreo, erosión, escasa recarga de acuíferos, sobrexplotación del manto freático. Uso de suelos para ganadería, extracción de sal y minería no metálica.
Contaminación: por aguas residuales industriales y domésticas.
Uso de recursos: peces en riesgo. Especies de tilapia y ganado bovino introducidos; extracción de candelilla.
Conservación: la zona no se ha estudiado bien, pero es evidente la sobrexplotación de mantos freáticos y la contaminación por aguas residuales. Falta un inventario biológico y conocimiento de la limnología; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad) y regular los límites máximos de extracción, considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez) y como áreas de refugio para especies migratorias. Conservación de suelos y de acuíferos, manejo de microcuencas.
Grupos e instituciones: Instituto de Ecología, A.C. - Xalapa; Universidad Juárez Autónoma de Durango; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo; Unidad Regional Universitaria de Zonas Aridas, Bermejillo, Dgo.; Bioconservación A.C.

45. LA INDIA

Estado(s): Chihuahua, Coahuila y Durango **Extensión:** 13 479.5 km^2
Polígono: Latitud 27°22'48" - 25°34'48" N
Longitud 105°10'48" - 103°40'48" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lago salino Palomas, presas, bordos ganaderos y agrícolas.

lóticos: río La India y arroyos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: localizado en el Valle la Palangana. Suelos tipo Yermosol, Regosol, Litosol y Xerosol.
Características varias: clima muy seco semicálido y semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual de 18-22°C. Precipitación total anual de 200-400 mm y evaporación de 2 500 mm.

Principales poblados: Ceballos, Dgo., Carrillo, Chih.

Actividad económica principal: ganadería, producción de sal y cera, extracción de candelilla, agricultura de riego y temporal.

Indicadores de calidad de agua: 50% alterada.

Biodiversidad: tipos de vegetación: vegetación halófila, vegetación de desierto arenoso, pastizal natural, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo y mezquital. Flora característica de *Agave asperima, Atriplex acanthocarpa, Hilaria mutica, Larrea tridentata, Malvella leprosa, Opuntia rastrera, Pleuraphis mutica, Prosopis glandulosa, Sporolobus spiciformis*. Endemismos del pez *Cyprinodon* sp.; de anfibios y reptiles como las víboras *Crotalus atrox, C. scutalatus, C. lepidus, C. molossus* y *C. viridis*, la tortuga del bolsón *Gopherus flavomarginatus*, las lagartijas *Uma paraphygas* y *U. exsul*; de aves como el águila real *Aquila chrysaetos*, el aguililla cola roja *Buteo jamaicensis*, el halcón pálido *Falco mexicanus*, el aguililla rojinegra *Parabuteo unicinctus*; de mamíferos como el lince *Lynx rufus*, el venado bura *Odocoileus hemionus*, el puma *Puma concolor* y la zorra norteña *Vulpes macrotis*. Todas estas especies en riesgo. La mayoría de los organismos no han sido estudiados.
Aspectos económicos: actividad minera (explotación de salinas, dolomita, zinc, cobre y plata) agricultura de riego y temporal y ganadería.
Problemática:

Modificación del entorno: pérdida de hábitat por desmonte, sobrepastoreo, erosión, escasa recarga de acuíferos, sobrexplotación del manto freático, minas de sal con alto impacto en el medio.

Contaminación: por aguas residuales industriales y domésticas.

Uso de recursos: peces en riesgo. Especies de tilapia y ganado bovino introducidos, extracción de candelilla, agricultura de riego y temporal. Extracción de sal y minería no metálica. Cacería ilegal del venado bura.

Conservación: la zona no se ha estudiado bien, pero es evidente la sobrexplotación de mantos freáticos y la contaminación por aguas residuales. Falta un inventario biológico y conocimiento de la limnología; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad) y regular los límites máximos de extracción, considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez) y como áreas de refugio y alimentación de especies migratorias. Conservación de suelos y de acuíferos, manejo de microcuencas. Comprende parte de la Reserva de la Biosfera Mapimí.
Grupos e instituciones: Instituto de Ecología, A.C. - Xalapa; Universidad Juárez Autónoma de Durango; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo; Unidad Regional Universitaria de Zonas Aridas, Bermejillo, Dgo.; Bioconservación A.C.

46. EL REY

Estado(s): Coahuila — Extensión: 12 030.68 km^2
Polígono: Latitud 27°36'36" - 26°00'36" N
Longitud 103°46'48" - 102°36'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: Lagunas el Rey, la Leche y el Coyote, lagos salinos, presas, bordos ganaderos y agrícolas.
lóticos: arroyos y ríos.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: Sierras Mojada, El Rey, San Francisco y lomeríos. Suelos tipo Yermosol, Regosol, Litosol y Xerosol.

Características varias: clima seco muy cálido, muy seco semicálido, seco templado, semiseco semifrío con lluvias en verano. Temperatura media anual de 18-22°C. Precipitación total anual de 200-400 mm y evaporación de 2 500 mm.

Principales poblados: La Esmeralda, Laguna el Rey, Avante.

Actividad económica principal: ganadería, producción de sal y cera, extracción de candelilla.

Indicadores de calidad de agua: muy alterada en la laguna el Rey.

Biodiversidad: vegetación de desiertos arenosos y halófita, mezquital, matorrales submontano, desértico rosetófilo y micrófilo. Vegetación característica: *Larrea tridentata, Pleuraphis mutica, Prosopis glandulosa,* resistentes a la salinidad. Endemismos de reptiles como las víboras *Crotalus atrox, C. scutalatus, C. lepidus, C. molossus* y *C. viridis,* las lagartijas *Uma paraphygas* y *U. exsul*; de aves como el águila real *Aquila chrysaetos* y el halcón pálido *Falco mexicanus*; de mamíferos como el lince *Lynx rufus,* el venado bura *Odocoileus hemionus*, el puma *Puma concolor* y la zorra norteña *Vulpes macrotis*. Todas estas especies en riesgo. La mayoría de los organismos no han sido estudiados.

Aspectos económicos: actividad minera (explotación de salinas) y ganadera.

Problemática:

Modificación del entorno: sobrepastoreo, erosión, escasa recarga de acuíferos, sobrexplotación del manto freático, minas de sal con alto impacto en el medio.

Contaminación: por aguas residuales industriales y domésticas.

Uso de recursos: peces en riesgo, especies de tilapia y ganado bovino introducidos. Extracción de candelilla y sal.

Conservación: la zona no se ha estudiado bien, pero es evidente la sobrexplotación de mantos freáticos y la contaminación por aguas residuales. Falta un inventario biológico y conocimiento de la limnología; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad) y regular los límites máximos de extracción, considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez) y como áreas de refugio para especies migratorias. Conservación de suelos y de acuíferos, manejo de microcuencas.

Grupos e instituciones: Instituto de Ecología, A.C. - Xalapa; Universidad Juárez Autónoma de Durango; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo; Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Dgo.; Bioconservación A.C.

47. SIERRA DE STA. ROSA

Estado(s): Coahuila **Extensión:** 2 066.2 km^2

Polígono: Latitud 28°17'24" - 27°48'36" N
Longitud 102°27'00" - 101°51'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: bordos, presas.

lóticos: ríos La Babia y Sabinas, arroyos, manantiales.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: comprende la sierra de Sta. Rosa. Suelos tipo Litosol, Xerosol y Rendzina.

Características varias: clima semiseco semicálido y semiseco semifrío con lluvias en verano. Temperatura media anual 16-22°C. Precipitación total anual 500-700 mm.

Principales poblados: Melchor Múzquiz, Minas de Barroterán, Nueva Rosita, Sabinas.

Actividad económica principal: forestal y ganadera.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral desértico rosetófilo, matorral con izotes, matorral submontano, chaparral, pastizal, bosque de encino. Fauna característica: de peces *Aplodinotus grunniens, Cychlasoma cyanoguttatum, Cyprinella lutrensis, Cyprinodon variegatus, Dionda diaboli, D. melanops, Etheostoma grahami, Gambusia affinis, G. speciosa, Ictalurus lupus, Ictiobus bubalus, Lepomis gulosus, L. macrochirus, L. megalotis,*

Moxostoma congestum, Notropis amabilis, N. buchanani, N. stramineus, Pylodictis olivaris. Endemismo de peces *Notropis jemezanus, N. saladonis, Prietella phreatophila,* las cuales se encuentran amenazadas por desecamiento; de aves colibrí corona-violeta *Amazilia violiceps, Catharus occidentalis, Ergaticus ruber, Melanotis caerulescens, Ridgwayia pinicola, Spizella wortheni, Toxostoma ocellatum, Turdus rufopalliatus.*
Aspectos económicos: silvicultura y ganadería.
Problemática:

Modificación del entorno: sobrexplotación del agua superficial y subterránea, construcción de canales; deforestación y sobrepastoreo.

Contaminación: por aguas residuales domésticas y agrícolas, desechos sólidos urbanos.

Uso de recursos: pesca de especies nativas e introducidas como la carpa *Cyprinus carpio*, la sardina molleja *Dorosoma cepedianum,* el bagre *Ictalurus punctatus*, el plateadito *Menidia beryllina*, la lobina negra *Micropeterus salmoides*, la tilapia *Oreochromis aureus* y el acocil rojo *Procambarus clarkii*. Caza furtiva. Abastecimiento de agua a zonas urbanas y agrícolas.

Conservación: debe regularse el uso del agua y evitarse la deforestación. Falta un inventario biológico; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno; estudios fisicoquímicos. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad), considerar el agua como recurso estratégico.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo; Profauna; Universidad Autónoma de Nuevo León.

48. CUATRO CIÉNEGAS

Estado(s): Coahuila **Extensión**: 3 632.6 km^2
Polígono: Latitud 27°11'24" - 26°42'36" N
Longitud 102°48'00" - 101°54'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: pozos artesianos, ciénegas, lagos-playa, pozas y lagos terminales, lagos Los Fresnos, Santa Tecla, Churince o Grande, San Marcos, La Escobeda, El Tío Cándido, Salada, Orozco, Anteojo, Ferriño, Tío Quintero, Chiqueros, Garabatal, San Pablo, Juan Santos, Los Hundidos, El Mojarral y otras (más de 200 pozas).

lóticos: ríos Cañón, Garabatal, Puente Chiquito, Salado de Los Nadadores, Polilla, Churince o Pasos Bonitos, Positos, Mezquites, Puente Colorado; manantiales El Mojarral Este, Oeste y de En medio; arroyos de tormentas; canales de Julio, de Anteojo, de Orozco, de Nuevo, de la Angostura, de La Polilla, de Pozos, de la Becerra de Ferriño, de Saca del Fuente, de Escobeda y un complejo sistema de aguas subterráneas.

Limnología básica: localizada en el fondo de una cuenca endorreica de intermontaña con más de 700 pozas con características limnológicas variadas. La profundidad de los depósitos varía entre menos de un metro hasta 5 m con un diámetro entre 10-20 m hasta 200 m. La luz solar penetra hasta el fondo, salvo en algunas orillas. Algunos manantiales son termales. La similitud en la calidad del agua sugiere una fuente de agua común o una red subterránea de conductos en donde el agua freática se mezcla antes de salir por los manantiales. El sustrato de los reservorios es homogéneo, compuesto de pedazos de travertino y restos de conchas de caracoles; y la capa de sedimentos varía entre menos de un centímetro hasta más de medio metro de profundidad. El sedimento es copropel o de tipo orgánico, constituído por restos de vegetales y animales. Las aguas son duras y contienen gran cantidad de sales de calcio y magnesio; la elevada dureza de las aguas se incremente a partir de los manantiales (1 100-1 300 mg/l) hasta los ríos (1 500-1 700 mg/L). Los cationes dominantes, en orden de abundancia descendente son calcio, magnesio, sodio y potasio; mientras que los aniones son fuertemente dominados por los sulfatos, carbonatos y cloruros. Presentan una composición química similar, con frecuente saturación o sobresaturación de oxígeno disuelto (hasta 150%) y elevada productividad de plantas acuáticas vasculares (macrofitas). El pH varía desde la neutralidad (7.0-7.2) en los manantiales hasta lo muy básico (8.0-9.7) en lagos terminales en fase de desecación.
Geología/edafología: topografía accidentada con cañones profundos y extensas planicies, formada por ro-

cas calizas, entre las sierras Menchaca, la Fragua, la Madera, Cristo y San Marcos. Suelos de tipo Regosol, Litosol, Xerosol y Solonchak.

Características varias: climas muy seco semicálido con lluvias escasas todo el año, seco muy cálido, seco templado y semiseco templado, con lluvias en verano y algunas en invierno. Temperatura media anual 16-22°C. Precipitación total anual hasta 400 mm. Elevación 740–3 000 m.

Principales poblados: Cuatro Ciénegas, Candelillas, Villa Frontera, Monclova.

Actividad económica principal: yeseras y salineras, turismo, ganadería y acuicultura.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: vegetación halófila, acuática y semiacuática, pastizal, matorral subinerme, matorral submontano, chaparral, bosques de pino y roble. La gran diversidad del hábitat, la estabilidad ambiental y el aislamiento geográfico han provocado que la fauna acuática haya desarrollado una radiación adaptativa explosiva y una especiación, resultando en un elevado endemismo. La asociación de *Gypsophilla* spp. con especies halófilas han dado lugar a una comunidad vegetal única. Vegetación acuática: tulares o juncales *Juncus torreyi*, nenúfares *Nymphaea ampla*; *Phragmites australis, Scirpus americanus, Schoenoplectus maritimus paludosus, Typha domingensis*; pastos acuáticos romerito *Distichlis spicata, Ruppia maritima, Spartina spartinae*. Más de 30 especies endémicas de plantas, todas amenazadas: *Abutilon pinkavae, Agave scabra maderensis Ancistrocactus brevihamatus, Coryphanta* sp., *C. achinus, Dyssodia gypsophila, Erigeron cuatrocienegenis, Euphorbia pinkavana, Haploesthes robusta, Justicia coahuilana, Machaeranthera gypsophila, M. restiformis, Mimosa unipinnata, Penstemon henricksonii, Phacelia marshal-johnstonii, Poliomintha maderensis, Sabatia tuberculata, Satureja maderensis, Sedum nanifolium diminutum* y *Selinocarpus undulatus*. Fauna característica: de moluscos con 5 géneros y 9 especies endémicas, como *Assiminea* sp., *Coahuilix hubbsi, C. landyei, Cochliopina milleri, Drepanotrema* sp., *Durangonella coahuila, Ferrisia* sp., *Lymnaea* sp., *Mexipyrgus churinceanus, Mexistiobia manantiali, Mexithauma quadripaludium, Nymphophilus minckleyi, N. acarinatus, Orygoceras* sp., *Paludiscala caramba*; de crustáceos *Palaemonetes paludosus y Procambarus (Pennides) suttkusi;* de anostracos *Artemia* sp. y *Streptocephalus* sp., del copépodo *Cletocamptus albuquerquensis*, del ostrácodo *Chlamydotheca* sp., de isópodos *Mexistenasellus coahuila, Speocirolana thermydronys, Sphaerolana affinis, S. interstitialis*, de anfipodos *Hyalella* sp., *Mexiweckelia colei* y *Paramexiweckelia particeps;* de peces, la mayoría endémicas y todas amenazadas, como *Astyanax mexicanus, Cichlasoma cyanogutattum, C. minckleyi, Cyprinodon atrorus, C. bifasciatus, Dionda episcopa, Etheostoma lugoi, Gambusia marshi, G. longispinis, Ictalurus lupus, Lepomis megalotis, Lucania interioris, Notropis xanthicara, Poecilia mexicana, Pylodictis olivaris, Xiphophorus gordoni*; de reptiles y anfibios *Cnemidophorus scalaris pallidus, Gerrhonotus lugoi, Hylactophyne augusti fuscofemora,* las culebras de agua *Nerodia erythrogaster* y *N. rhombifer,* la lagartija *Scincella lateralis,* la culebra *Thamnophis hammondi,* la rana *Rana pipiens,* las tortugas *Apalone spinifera, Pseudemys scripta* y *Terrapene coahuila;* de aves como el pato cucharón *Anas clypeata*, el pato de charreteras *A. platyrhynchos*, la alondra acuática *Anthus spinoletta pacificus*, la garza morena *Ardea herodias, Callipepla squamata,* los pescadores *Chloroceryle americana* y *Megaceryle alcyon, Gallinago gallinago,* la gallareta *Fulica americana,* los zorzales *Melospiza* spp., el zambullidor pico pinto *Podilymbus podiceps*, los chimbitos *Spizella* spp. y *Zenaida macroura;* de mamíferos como el coyote *Canis latrans*, el tlacuache común *Didelphis marsupialis, Lepus californicus*, el coatí *Nasua narica nelsoni*, el venado cola blanca *Odocoileus virginianus,* el mapache *Procyon lotor*, el puma *Puma concolor, Sciurus* sp., los conejos *Sylvilagus audubonii* y *S. floridanus* y el oso *Ursus americanus.*

Aspectos económicos: acuicultura, ganadería, agricultura, industria minera (dunas de yeso) y turismo. Algunos ejidos fabrican cera. Recursos estratégicos de gas y petróleo.

Problemática:

Modificación del entorno: algunas pozas han sido destruidas; hay desecación, deforestación y modificación de los cuerpos de agua para uso turístico y construcción de canales para riego y caminos. Sobrepastoreo por caballos y cabras principalmente y quema de pastos para ganadería.

Contaminación: por la industria minera y actividad humana.

Uso de recursos: peces, moluscos, crustáceos y reptiles en riesgo. Acuicultura de especies comerciales de mojarras *Cichlasoma cyanoguttatum, C. minckleyi* y *Lepomis megalotis,* de bagre *Ictalurus lupus* y de lobina negra *Micropterus salmoides*. Especies introducidas de lirio acuático *Eichhornia crassipes*, el molusco *Thiara tuberculata,* el acocil rojo *Procambarus clarkii*, los reptiles y anfibios como *Bufo marinus,* la serpiente *Drymarchon corais,* la tortuga *Gopherus berlandieri* y la lagartija *Hemidactylus turcicus.* Extracción de madera, leña, cera y fribras. Existe caza furtiva y pesca ilegal.

Conservación: preocupa la sobrexplotación de recursos hidráulicos, la deforestación (pastoreo y quemas),

la desecación y la contaminación. Turismo incontrolado y elevada extracción de yeso y sal amenazan la supervivencia de las especies acuáticas. Hacen falta inventarios biológicos (grupos poco o no estudiados), monitoreos de los grupos conocidos e introducidos, estudios fisicoquímicos cambiantes del entorno, estudios de las aguas subterráneas y dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat. Se propone establecer límites de almacenamiento de agua en presas y extracción en pozas; incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua; considerar al agua como recurso estratégico y refugio para especies migratorias. Conservar endemismos. Es considerada Área de Protección de Flora y Fauna desde 1994 y está considerado por la Convención de Ramsar como un sitio único por sus dunas de yeso y su alto grado de endemismos.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Coahuila; Universidad Nacional Autónoma de México; Profauna; Bioconservación A.C.; Instituto Nacional de Ecología; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo; Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad de Texas - Austin.

49. VALLE HUNDIDO

Estado(s): Coahuila **Extensión:** 7 551.24 km^2
Polígono: Latitud 26°47'24" - 25°58'48" N
Longitud 103°02'24" - 101°38'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presas, lagos salinos, bordos ganaderos y agrícolas.
lóticos: arroyos, ríos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: sierras y lomeríos, de topografía muy accidentada por cañones profundos; entre la sierra La Fragua y los valles el Sobaco y Buenavista. Suelos de tipo Regosol, Litosol, Xerosol, Solonetz y Solonchak.
Características varias: climas muy seco semicálido con lluvias en verano. Temperatura media anual 18-22°C. Precipitación total anual de 100-300 mm; evaporación de 2 500 mm.
Principales poblados: El Venado.
Actividad económica principal: ganadería y producción de sal.
Indicadores de calidad de agua: se encuentra relativamente bien conservada.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral subinerme, matorral sarco-crasicaule, matorral desértico micrófilo, vegetación halófila y mezquital. Flora característica de *Hilaria mutica, Larrea tridentata, Prosopis glandulosa*. La mayoría de los organismos no han sido estudiados. Riqueza de cactáceas, reptiles y mamíferos en riesgo.
Aspectos económicos: actividad minera (explotación de salinas) y ganadería.
Problemática:
Modificación del entorno: sobrepastoreo, erosión, escasa recarga de acuíferos, sobrexplotación del manto freático.
Contaminación: por aguas residuales domésticas.
Uso de recursos: especies de tilapia y ganado bovino introducidos. Caza furtiva y colecta ilegal de cactáceas. Uso de suelos para ganadería y extracción de sal.
Conservación: la zona no se ha estudiado bien, pero es evidente la sobrexplotación de mantos freáticos y la contaminación por aguas residuales. Falta un inventario biológico y conocimiento de la limnología; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad) y regular los límites máximos de extracción, considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez). Conservación de suelos y de acuíferos, manejo de microcuencas.
Grupos e instituciones: Instituto de Ecología A.C. - Xalapa; Universidad Juárez Autónoma de Durango; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo; Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Dgo.; Bioconservación A.C.

50. RÍO SALADO DE LOS NADADORES

Estado(s): Coahuila Extensión: 9 541.83 km^2
Polígono: Latitud 27°36'36" - 26°22'12" N
Longitud 102°00'00" - 100°51'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lago Salinillas, presa Don Martín o Venustiano Carranza.
lóticos: ríos Salado de los Nadadores, Candela, Sabinas y Monclova, arroyos Aura, Seco y Pájaros Azules, manantiales.
Limnología básica: Presa Don Martín: superficie del embalse 19 800 ha; la presa ha sido impactada por problemas de ensalitramiento, reducción del agua circulante y la introducción de especies exóticas.
Geología/edafología: entre las sierras La Rata, Pájaros Azules y Hermanas al sur y oeste. Suelos de tipo Regosol, Litosol, Xerosol, Rendzina y Vertisol.
Características varias: clima seco muy cálido con lluvias en verano. Temperatura media anual 20-24°C. Precipitación total anual 300-500 mm.
Principales poblados: Sabinas, Monclova, Villa Juárez.
Actividad económica principal: agrícola y minera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral subinerme, matorral submontano, matorral sarco-crasicaule, matorral espinoso, chaparral, mezquital, pastizal inducido y halófilo. Ictiofauna característica: *Aplodinotus grunniens, Astyanax mexicanus, Cichlasoma cyanoguttatum, Cyprinella rutila, C. eximius, C. variegatus, Dionda diaboli, D. episcopa, D. melanops, Etheostoma grahami, Gambusia affinis, G. marshi, Ictalurus punctatus, Lepisosteus osseus, Lepomis gulosus, L. cyanellus, L. macrochirus, L. megalotis, Lucania parva, Macrhybopsis aestivalis, Membras martinica, Moxostoma congestum, Notropis amabilis, N. braytoni, N. buchanani, N. stramineus, Percina macrolepida, Pimephales promelas, P. vigilax, Poecilia latipinna, P. mexicana, Prietella phreatophila, Pylodictis olivaris.* Endemismo de peces *Cyprinella proserpina, Cyprinella* sp., *C. xanthicara, Cyprinodon alvarezi, Notropis jemezanus, N. saladonis* y del crustáceo *Palaemonetes suttkusi,* todos amenazados por desecación (bajo nivel de agua) y escurrimientos agrícolas.
Aspectos económicos: actividad pesquera y agropecuaria. Recursos de gas y carbón.
Problemática:
Modificación del entorno: sobrexplotación de recursos hídricos.
Contaminación: por descargas de aguas residuales agropecuarias y urbanas, y desechos sólidos urbanos.
Uso de recursos: especies introducidas de peces como carpas *Carpiodes carpio* y *Cyprinus carpio*, sardinas molleja *Dorosoma cepedianum* y maya *D. petenense*, plateadito *Menidia beryllina*, lobina negra *Micropterus salmoides*, lobina blanca *Morone chrysops*, tilapia azul *Oreochromis aureus*, robalo blanco *Pomoxis annularis*; los crustáceos *Macrobrachium carcinus* y *Procambarus clarkii* y el lirio acuático *Eichhornia crassipes*. Uso de explosivos.
Conservación: preocupa la sobrexplotación del recurso hídrico y la deforestación. Falta un inventario biológico, monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos, estudio de las aguas subterráneas, dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno, estudios fisicoquímicos. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad), considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez) y como áreas de refugio y alimentación de especies migratorias.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Nuevo León; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo; Profauna; Bioconservación, A. C.

51. CAMACHO - GRUÑIDORA

Estado(s): Zacatecas, Durango y San Luis Potosí **Extensión:** 16 976.38 km^2
Polígono: Latitud 24°52'48" - 23°00'00" N
Longitud 102°50'24" - 101°16'12" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presas, bordos ganaderos y agrícolas, lagos salinos.
lóticos: río de las Nieves o Grande, arroyos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: situado entre las sierras de Guadalupe, de las Corrientes y Sarteneja, en los Llanos de la Gruñidora; suelos tipo Xerosol, Litosol, Rendsina y Castañozem.
Características varias: clima semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual 12-18°C. Precipitación total anual de 300-400 mm; evaporación de 2 500 mm.
Principales poblados: Camacho, Providencia, Río Grande, Nuevo Mercurio.
Actividad económica principal: ganadera, minera y forestal.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: vegetación halófita, pastizal natural, matorral crasicaule, nopalera, matorral desértico rosetófilo y mezquital. Flora característica: *Hilaria mutica, Larrea tridentata, Prosopis glandulosa.* Ictiofauna característica: *Campostoma ornatum, Catostomus bernardini, Etheostoma grahami, Notropis nazas, Pantosteus plebeius.* La mayoría de los organismos no han sido estudiados. Peces, reptiles y mamíferos en riesgo.
Aspectos económicos: actividad minera (mercurio, plomo, zinc, fierro, plata, cobre, salinas).
Problemática:
Modificación del entorno: sobrepastoreo, erosión, escasa recarga de acuíferos, sobrexplotación del manto freático.
Contaminación: por aguas residuales industriales y domésticas.
Uso de recursos: pesquerías del pez sol *Lepomis cyanellus*, de la mojarra azul *L. macrochirus* y de tilapia *Oreochromis aureus*. Introducción de ganado bovino.
Conservación: la zona no se ha estudiado bien, pero es evidente la sobrexplotación de mantos freáticos y la contaminación por aguas residuales. Falta un inventario biológico y conocimiento de la limnología; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad) y regular los límites máximos de extracción, considerar el agua como recurso estratégico (hay escasez). Conservación de suelos y de acuíferos, manejo de microcuencas.
Grupos e instituciones: Instituto de Ecología, A.C. - Xalapa; Universidad Juárez Autónoma de Durango; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo; Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Dgo.; Bioconservación, A.C.

52. CUMBRES DE MONTERREY

Estado(s): Nuevo León y Coahuila **Extensión:** 2 603.06 km^2
Polígono: Latitud 25°37'48" - 25°03'36" N
Longitud 100°55'12" - 100°06'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos:
lóticos: río Sta. Catarina, manantiales y arroyos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: entre las sierras Las Cuatas y San Antonio. Suelos tipo Litosol, Regosol y Xerosol.
Características varias: climas semiseco templado, templado subhúmedo y húmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 12-18°C. Precipitación total anual 600-700 mm.

Principales poblados: Monterrey, Garza García, Sta. Catarina.

Actividad económica principal: forestal y aprovisionamiento de agua para la Cd. de Monterrey.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral de coníferas, bosques de pino-encino, de pino, de encino, chaparral y pastizal inducido. Flora característica: *Abies* spp., *Pinus ayacahuite, P. cembroides, P. greggii, P. hartwegii, P. pinceana, Quercus* spp. Fauna carácterística: de peces *Astyanax mexicanus, Campostoma anomalum, Cichlasoma cyanoguttatum, Cyprinella lutrensis, Etheostoma grahami, Gambusia affinis, Macrhybopsis aestivalis, Notropis amabilis, Notropis braytoni, N. stramineus, Poecilia mexicana, Puntius conchonius, Xiphophorus couchianus.* Endemismo de peces como *Cyprinella rutila, Cyprinodon* spp., *Dionda melanops, Moxostoma albidum* y el acocil regiomontano *Procambarus simulans regiomontanus*, indicadoras de aguas frescas y abundantes. Todas amenazadas junto con las aves *Accipiter striatus, Aquila chrysaetos, Circus cyaneus, Falco columbarius, F. mexicanus, F. peregrinus, Rhynchopsitta terrisi, Speotyto cunicularia, Spizella wortheni* por deforestación, urbanización, contaminación y desecación por extracción.

Aspectos económicos: actividad forestal y aprovisionamiento de agua.

Problemática:

Modificación del entorno: aprovechamiento desmedido de los recursos hídricos, deforestación, desecación, urbanización y construcción de caminos. Explotación forestal y pastoreo.

Contaminación: alta contaminación urbana, industrial y agropecuaria (agroquímicos).

Uso de recursos: Especies introducidas de lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia *Tilapia aurea*, espada del sur *Xiphophorus maculatus* y espada de valles *X. variatus.*

Conservación: es necesario un control de descargas industriales, urbanas y agrícolas, la regulación del uso del agua y establecer plantas de tratamiento de agua. Falta un inventario biológico, monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas, dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno y estudios fisicoquímicos. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad) y considerar al agua como un recurso estratégico. Está considerado Parque Nacional.

Grupos e instituciones: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey; Universidad Autónoma de Nuevo León; Bioconservación A.C.; Universidad de Monterrey; Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Saltillo.

53. RÍO SAN JUAN Y RÍO PESQUERÍA

Estado(s): Nuevo León y Tamaulipas — Extensión: 13 724.34 km^2

Polígono: Latitud 26°38'24" - 25°26'24" N

Longitud 100°54'00" - 98°56'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: Presa Rodrigo Gómez "La Boca" y El Cuchillo.

lóticos: ríos San Juan, Pesquería, de la Boca y Álamo, humedales, arroyos Escamilla y La Chueca, aguas subterráneas.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: suelos de tipo Vertisol, Regosol, Litosol, Castañozem y Feozem.

Características varias: climas semicálido subhúmedo, semiseco muy cálido y semiseco semicálido con lluvias en verano. Temperatura media anual 12-18°C. Precipitación total anual 400-700 mm.

Principales poblados: Cadereyta de Jiménez, Doctor Coss, Los Herreras, China, Los Ramones, Mier, Parás.

Actividad económica principal: producción de cítricos, ganadería, acuicultura y agricultura de temporal.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral submontano, mezquital, vegetación de desiertos arenosos y halófita. Vegetación acuática *Alternanthera* sp., *Elacatine* sp., *Eleocharis* sp., *Hydrocotyle* sp., *Myriophyllum* sp., *Najas* sp. y *Potamogeton* sp. Fauna característica de peces *Agonostomus monticola, Anchoa mitchilli, Angilla*

rostrata, Aplodinotus grunniens, Astyanax mexicanus, Atractosteus spatula, Campostoma anomalum, Cichlasoma cyanoguttatum, Codoma ornata, Cyprinella lutrensis, Cyprinodon eximius, C. variegatus, Dionda diaboli, D. episcopa, Etheostoma grahami, Fundulus grandis, Gambusia affinis, G. speciosa, Gila conspersa, Ictalurus lupus, I. furcatus, I. punctatus, Ictiobus bubalus, Lepisosteus oculatus, L. osseus, Lepomis cyanellus, L. gulosus, L. macrochirus, L. megalotis, Macrhybopsis aestivalis, Membras martinica, Moxostoma congestum, Notropis amabilis, N. braytoni, N. buchanani, N. stramineus, Percina macrolepida, Poecilia formosa, P. latipinna, P. mexicana, Pylodictis olivaris, Pimephales vigilax, Rhinichthys cataractae, Xiphophorus couchianus; de mamíferos hay puma *Puma concolor* y oso negro *Ursus americanus*. Endemismo de isópodos *Sphaerolana* spp. y del crustáceo *Procambarus regiomontanus;* de peces *Cyprinella proserpina, C. rutila, Dionda melanops, Gila modesta, Hybognathus amarus, Moxostoma albidum, Notropis jemezanus*. Todas estas especies amenazadas por pérdida de agua, descargas residuales urbanas e industriales, deforestación y modificación del hábitat. La zona representa un refugio para fauna migratoria; alberga a una comunidad vegetal dominada por *Helietta parvifolia*.

Aspectos económicos: acuicultura y agricultura; pesca comercial y deportiva en las presas. Hay recursos estratégicos de gas y petróleo.

Problemática:

Modificación del entorno: construcción de presas y canales.

Contaminación: alta contaminación por industria, desechos urbanos y actividad agrícola.

Uso de recursos: acuicultura de especies comerciales de lobina y besugo. Especies introducidas de almejas dulces *Lampsilis* sp. y *Corbicula* sp., acocil rojo *Procambarus clarkii,* carpas dorada *Carassius auratus,* matalote *Carpiodes carpio,* herbívora *Ctenopharyngodon idella,* común *Cyprinus carpio,* mojarrón *Chaenobryttus gulosus,* sardina molleja *D. cepedianum,* sardina maya *Dorosoma petenense,* guayacán común *Gambusia affinis,* bagre *Ictalurus punctatus,* charal escamudo *Membras vagrans,* plateadito *Menidia beryllina,* lobina boca pequeña *Micropterus dolomieu,* lobina negra *M. salmoides,* tilapias *Oreochromis aureus, O. mossambicus, Tilapia aurea,* espada del sur *Xiphophorus maculatus,* espada de valles *X. variatus*. Hay violación de vedas y tallas mínimas, uso de explosivos y pesca ilegal. Existen problemas para el control de malezas como la *Hydrilla verticillata*, el lirio acuático *Eichhornia crassipes* y el pasto *Zosterella dubia*.

Conservación: es necesario un control de descargas industriales, urbanas y agrícolas, la regulación del uso del agua y establecer plantas de tratamiento de agua. Falta un inventario biológico; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno; estudios fisicoquímicos. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de la calidad del agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad), considerar el agua como un recurso estratégico y como áreas de refugio y alimentación de especies migratorias.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Nuevo León; Tecnológico de Monterrey.

54. VENADO - MOCTEZUMA

Estado(s): San Luis Potosí **Extensión:** 1 171.9 km^2

Polígono: Latitud 23°25'48" - 22°45'00" N
Longitud 100°49'12" - 100°37'48" W

Recursos hídricos principales

lénticos:

lóticos: manantiales.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: situada entre las sierras de Charcas, Moctezuma y Venado. Suelos de tipo Xerosol con alto contenido de yeso o carbonatos.

Características varias: clima seco muy cálido con época de lluvias en verano. Temperaturas media anual 18-20°C. Precipitación total anual de 300-600 mm.

Principales poblados: Venado y Moctezuma.

Actividad económica principal: recursos mineros.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral espinoso, pastizal natural y mezquital. Endemismo del acocil *Procambarus* sp. y del pez *Xenoophorus captivus exsul,* los cuales viven en zonas poco alteradas y actualmente se encuentran amenazados.
Aspectos económicos: recursos mineros.
Problemática:

Modificación del entorno: los hábitats acuáticos se han perdido en más de un 90% por desecación, deforestación, sobrexplotación del recurso hídrico.

Contaminación: ND.

Uso de recursos: las pocas especies que hay están en riesgo. Especies introducidas de mojarra azul *Lepomis macrochirus*, lobina negra *Micropterus salmoides* y tilapia azul *Oreochromis aureus*.

Conservación: preocupa la desecación de pozos, la sobrexplotación del recurso hídrico y la deforestación. Falta un inventario biológico; monitoreo y estado actual de grupos biológicos conocidos; estudio de las aguas subterráneas; dinámica poblacional de especies sensibles a alteraciones del entorno; estudios fisicoquímicos. Se recomienda incluir a los organismos en los monitoreos de calidad de agua, evaluar los recursos acuáticos en términos de disponibilidad (calidad y cantidad) y considerar el agua como recurso estratégico.
Grupos e instituciones: Centro de Estudio de Zonas Áridas (CREZAS), UACH; Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas, UASLP.

REGIÓN CENTRO

55. LAGOS CRÁTER DE NAYARIT

Estado(s): Nayarit — **Extensión:** 676.05 km^2
Polígono: Latitud 21°36'36" - 21°11'24" N
Longitud 104°45'36" - 104°29'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos Sta. María, San Pedro y Tepeltitic.

lóticos: manantiales, arroyos.

Limnología básica: lagos-cráter alimentados por aguas subterráneas.
Geología/edafología: situados en la Sierra de San Pedro. Tipos de suelo Regosol, Luvisol y Cambisol.
Características varias: clima semicálido subhúmedo y templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 16-26°C. Precipitación total anual 1 000-1 500 mm.

Principales poblados: Santa María del Oro, San Pedro Lagunitas.

Actividad económica principal: agricultura de temporal, pesca y turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino, de encino, de pino-encino, selva baja caducifolia, pastizal inducido. Zona bien conservada con lagos-cráter, arroyos y manantiales. Se desconoce el endemismo. Se presume la existencia de especies endémicas y también amenazadas de goodeidos, charales y otras.
Aspectos económicos: pesca deportiva de lobina negra y pesca local de charales. Zona importante para el abastecimiento de agua, acuicultura, agricultura de temporal y turismo.
Problemática: preocupa la introducción de especies exóticas y la sobreextracción de agua. Faltan estudios de las zonas de endemismo, de la limnología y de la biodiversidad total.

Modificación del entorno: tala y desecación de cuerpos de agua.

Contaminación: por basura y aguas residuales.

Uso de recursos: pesca local de charales e introducción de tilapia y lobina negra *Micropterus salmoides* para pesca deportiva; agricultura de temporal.

Conservación: preocupa la falta de conocimientos sobre la flora y fauna acuática, se especula que son zonas de endemismo concentrado y de elevada biodiversidad.
Grupos e instituciones: Universidad de Nayarit; Tecnológicos Pesqueros.

56. VALLE DE AGUASCALIENTES - RÍO CALVILLO

Estado(s): Aguascalientes, Jalisco y Zacatecas **Extensión:** 5 046.11 km^2
Polígono: Latitud 22°43'48" - 21°32'24" N
Longitud 102°44'24" - 102°03'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presas Calles, Jocoqui, Jihuite, Niágara, del Rosario, La Codorniz, La Media Luna, La Dichosa, del Llavero y El Saucillo, bordos, reservorios, humedales, charcos, manantiales de aguas termales.

lóticos: ríos Calvillo, Chicalote, Pabellón, San Francisco, Encarnación, Las Auras, Las Venas, Verde, Lagos, San Juan, Jalostotitlán, San Miguel y Paso Hondo.

Limnología básica: aguas subterráneas del acuífero del Valle de Aguascalientes.

Geología/edafología: rodea a los valles de Aguascalientes y Calvillo, las sierras Fría, del Laurel, de Palomas y una zona de lomeríos y planicies de suaves pendientes. En la mitad norte predominan suelos de zonas áridas Xerosoles; en las montañas del oeste, suelos poco desarrollados Regosoles y Litosoles; en el valle de Aguascalientes, suelos ricos en materia orgánica Vertisoles. Otros tipos de suelo presentes son Luvisol, Planosol, Castañozem, Feozem y Cambisol.

Características varias: clima semiseco semicálido, semiseco semifrío y templado subhúmedo con lluvias en verano y extremoso. Temperatura media anual 16-20°C. Precipitación total anual de 400-700 mm y evaporación de 200 mm.

Principales poblados: Aguascalientes, Jesús María, San Juan de los Lagos, Pabellón de Arteaga, Calvillo (cabecera municipal), Jalostotitlán, Jalpa.

Actividad económica principal: agricultura (ajos, chiles, cebolla, frijol), frutales (guayaba, vid), comercio e industria.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: predominan los tulares, matorral subtropical, matorral desértico micrófilo, pastizal inducido, pastizal natural-huizachal, nopalera, chaparal, bosque de encino. Ictiofauna característica: *Algansea tincella, Xenotoca variata, Yuriria alta*. Especies endémicas de rotíferos *Brachionus josefinae, Keratella mexicana* (ambas especies restringidas a Norteamérica), del cladocero *Machrothrix mexicanus*, del copépodo *Mastigodiaptomus montezumae* y del pez *Goodea atripinnis*. Se registra el 10% de las especies de anfibios y reptiles del país.

Aspectos económicos: Actividad industrial, agrícola, comercial y pesquera. Abastecimiento de agua para uso urbano a partir de acuíferos y para riego de las presas Calles y Jihuite.

Problemática:

Modificación del entorno: urbanización creciente, fuerte industrialización y pérdida de suelos, construcción de presas, sobrexplotación de acuíferos.

Contaminación: la Presa Niágara recibe aguas negras; tiene altas cargas de materia orgánica. Aporte de metales pesados (plomo, mercurio) al acuífero de Aguascalientes. En aguas superficiales (cuerpos de agua) hay descargas importantes de aguas residuales domésticas e industriales.

Uso de recursos: especies introducidas de venado y de peces como la carpa *Cyprinus carpio*, el charal *Chirostoma jordani*, el bagre de canal *Ictalurus punctatus*, las tilapias *Oreochromis aureus* y *Tilapia aurea*.

Especies en riesgo: peces goodéidos y aterínidos.

Conservación: la Presa Niágara se encuentra en restauración por eutroficación debido a descargas de materia orgánica. Se requiere control de la contaminación, recuperación del balance hídrico y ahondar en el conocimiento de la biodiversidad. Faltan estudios sobre el aporte de sedimentos, de metales pesados y compuestos orgánicos, así como estudios limnológicos que involucren aspectos físicos, químicos, biológicos, estudios geológicos y dinámicos de los mantos freáticos. Preocupa la sobrexplotación de los mantos freáticos ya que la Cd. de Aguascalientes presenta diversas fracturas geológicas por la extracción inmoderada de éstos.

Grupos e instituciones: Escuela de Biología, UAA.

57. CABECERA DEL RÍO DE LA LAJA

Estado(s): Guanajuato **Extensión:** 3 476 km^2
Polígono: Latitud 21°33'00" - 20°58'12" N
Longitud 101°28'12" - 100°30'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: Presas Purísima, Begoña, El Gallinero y La Biznaga, humedales.
lóticos: ríos de la Laja, El Plan y San Juan, arroyos temporales y permanentes.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: zona de sierras y cañadas con mesetas paralelas. Rodeada por las sierras de Guanajuato, del Cubo, de la Media Luna y Gorda. Entre las sierras Gorda y de Guanajuato se extienden las amplias llanuras de Dolores Hidalgo y Allende. Predominan suelos obscuros, ricos en nutrientes y suaves Feozem así como Vertisol y Litosol.
Características varias: Predomina el clima semiseco semifrío y semifrío subhúmedo con lluvias en verano salvo en la sierra de la Media Luna en donde es templado subhúmedo. Temperatura promedio anual 14-18°C. Precipitación total anual 400-800 mm; evaporación 1 000-1 200 mm.
Principales poblados: San Miguel de Allende, Dolores Hidalgo.
Actividad económica principal: producción de carbón de encino, agricultura de riego y de temporal, turismo, minería (de beneficio) y cerámica.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de encino, encino-pino, pino, matorral espinoso, nopalera, chaparral, pastizal natural e inducido. Ictiofauna característica de *Algansea tincella, Chirostoma aculeatum, C. arge, C. labarcae, Moxostoma austrinum, Xenotoca variata, Xiphophorus helleri, Yuriria alta.* Comunidades de insectos acuáticos, peces, aves acuáticas e hidrófitas en presas. Endemismo de algunas especies de encinos *Quercus* spp.; de peces *Allotoca dugesi, Chirostoma jordani, Goodea atripinnis, Notropis calientis, Poecilopsis infans;* de anfibios y reptiles *Bufo occidentalis, Kinosternum integrum* y *Tamnophis hammondi.* La gobernadora *Larrea tridentata* indicadora de aridez.
Aspectos económicos: actividades forestales, ganaderas, agrícolas, mineras, pesqueras y turísticas.
Problemática:
Modificación del entorno: deforestación; cambio de uso de suelo a agricultura y ganadería; construcción de bordos que causan azolvamiento aunado a la pérdida de suelos; extracción de tierra de hoja de encino.
Contaminación: en presas por actividades mineras.
Uso de recursos: comercio con especies de *Quercus*. Especies introducidas del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*; de peces como las carpas dorada *Carassius auratus* y común *Cyprinus carpio*, la lobina negra *Micropterus salmoides*, la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, la tilapia negra *Oreochromis mossambicus*.
Conservación: se recomienda proteger los espacios de agua frecuentados por aves migratorias; cambiar las prácticas de manejo forestal y de suelo para disminuir azolvamientos de cauces de agua; estudiar sistemáticamente la fauna poco conocida del Río de la Laja. Falta conocimiento de la fauna y flora acuáticos, de la susceptibilidad de las especies a la contaminación por actividades mineras y del papel que juega la materia orgánica alóctona.
Grupos e instituciones: Instituto de Ecología de Guanajuato, Gobierno de Gto.; Fundación Ecológica de Guanajuato A.C.

58. CHAPALA - CAJITITLÁN - SAYULA

Estado(s): Jalisco y Michoacán **Extensión:** 6 150.42 km^2
Polígono: Latitud 20°37'12" - 19°34'12" N
Longitud 103°45'36" - 102°28'48" W

Recursos hídricos principales

léniticos: lagos de Chapala, Sayula, Cajititlán, El Molino, San Marcos, Zacoalco, Atoyac, Atotonilco, Zapotitlán, La Magdalena, Camécuaro, presas Guaracha, Poncitlán, Jaripo, Corona y Colesio, Ciénega de Chapala, humedales, manantiales Los Negritos, La Luz.

lóticos: ríos Grande de Santiago, Verde, Jiquilpan, Duero, La Pasión, Huaracha, Lerma y Zula, aguas subterráneas en los valles y en las partes bajas de las cuencas hidrológicas.

Limnología básica: área de los lagos: Sayula 4 000 ha. Este lago se encuentra totalmente seco la mayor parte del año por problemas de azolvamiento y balance de agua; San Marcos 3 690 ha. Lago con problemas serios de desecación debidos al azolvamiento y balance de agua; Atotonilco 2 487 ha; Zapotitlán 1 100 ha. Este lago ha perdido tal volumen de agua que ha quedado alguna vez totalmente seco. Recibe las aguas residuales de Cd. Guzmán por lo que sus aguas presentan una alta concentración de materia orgánica y proliferación de malezas acuáticas. Cajititlán: 1 563 ha. Presenta serios problemas de balance de agua, turbidez, alta concentración de materia orgánica, proliferación de malezas acuáticas y una pobre calidad bacteriológica. Chapala: de forma subrectangular elongada, con una superficie de 109 800 ha; con una longitud máxima de 78 a 82 km, una anchura máxima de 20.5 km y una profundidad máxima de 7 m y una media de 4.5 m. El volumen máximo que puede almacenar el lago es de 8 126 Mm^3, en un área de 1 150 km^2. Atenuación de la luz entre10 y 60 cm; aereación amplia de la columna de agua; contenido de O_2 entre 4 y 9 mg/l.; MO=1.4 a 2 mg/l; la concentración de fosfatos varia entre 0.35 y 0.40 mg/l, la de sulfatos presenta una distribución relativamente uniforme con variaciones entre 47 y 70 mg/l; la temperatura promedio superficial fluctua en el año entre 17.8 y 23.8°C y la del fondo entre 17.7 y 23.5°C. Presente dos pequeñas islas en su interior, Isla de Alacranes e Isla de Mezcala. Es el lago más grande del país con serios problemas de balance de agua, que ha hecho que su volumen original se haya reducido a menos de la mitad. Los cambios del nivel del lago dependen del río Lerma, del agua de lluvia y la captada por la cuenca que se canaliza al lago a través de los arroyos temporales y manantiales que existen en el interior y en su ribera. Los egresos del agua se originan por la evaporación, la utilización directa de las aguas del lago para uso agropecuario y urbano, y su drenaje natural de excedentes, a través del cauce del río Grande de Santiago. Camécuaro: pequeño lago de aguas cristalinas (ultra-oligotrófico) que empieza a sufrir los efectos de la basura y de las aguas residuales.

Geología/edafología: la región se encuentra en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, cinturón montañoso que cruza el centro del país y en donde se encuentran la mayor parte de los lagos naturales de México. Se tienen las siguientes formaciones: la sierra de Tecuán, los lomeríos de La Santa Cruz, de San Nicolás y de San Juan Tecomatlán, la sierra Mezcala, los lomeríos de Ocotlán y Jamay, interrumpiendo estas formaciones se encuentran la Ciénega de Chapala en la región de la Barca, el Valle de Sahuayo, que forma la parte occidental de la Ciénega, las sierras y valles de la ribera sur, comprendiendo las serranías de Tizapán, del Tigre y de Mazamitla y hacia el suroeste la depresión del Sistema de Sayula - San Marcos. Esta provincia posee suelos de tipo residual y transportados, a partir de basaltos del Terciario Superior y de rocas ígneas. Predominan los suelos de tipo Vertisol, Luvisol, Feozem y Litosol en menor proporción y una pequeña fracción de Cambisol.

Características varias: El clima en los altos es semiseco cálido. Las partes central y sur del estado gozan de un clima semicálido subhúmedo que en las sierras se torna templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y aún frío. Las lluvias se presentan en verano y parte del otoño. Temperatura media anual 6-24°C. Precipitación total anual de 600-1 200 mm. Altitud 1 500 msnm. Chapala abastece de agua en un 70% a la zona urbana de Guadalajara. El lago de Camécuaro forma parte del Parque Nacional Los Negritos, en una zona geotérmica. Las presas son ambientes artificiales con fines de riego.

Principales poblados: Guadalajara, Chapala, Sahuayo, Jiquilpan, Sayula, Zamora, Atotonilco el Alto, Gómez Farías, Cocula, Cd. Guzmán.

Actividad económica principal: agricultura de temporal y humedad (gran parte del suelo destinado a la agricultura como maíz, sorgo, frijol, arroz, cebada, etc.); pesca lacustre (charal, pescado blanco, bagre, carpa, mojarra, rana), avicultura, industria y turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja caducifolia, matorral subtropical, matorral desértico micrófilo, vegetación halófila, bosques de pino-encino, de pino, de encino, bosque de galería (ahuehuetes y sauces), pastizal inducido. La vegetación acuática con comunidades de pradera acuática latifolia: *Cyperus*,

Phragmites, Scirpus y *Typha*; pradera acuática micrófila: *Lemna* y *Salvinia*; pradera acuática rosetófila: *Eichhornia, Lemna, Nymphaea* y *Pistia*; pradera subacuática: *Chara, Miriophyllum* y *Potamogeton*. Ictiofauna característica: el género *Chirostoma* se caracteriza por su abundancia, así como las familias Atherinidae (pez blanco y charales), Catostomidae (boquinetes o carpas hociconas), Cyprinidae (carpas nativas, como la acúmara y la popocha), Goodeidae (cheguas y pintolillas) y Petromyzontidae (lampreas); especies como *Algansea tincella, Alloophorus robustus, Chirostoma aculeatum, C. arge, C. chapalae, C. estor, C. humboldtianum, C. labarcae, C. lucius, C. ocotlanae, C. promelas, C. sphyraena, Moxostoma austrinum, Skiffia multipunctata, Xenotoca variata, Xiphophorus helleri, Yuriria alta, Zoogonecticus quitzeoensis*. Las principales especies de aves acuáticas, las cuales llegan a invernar, son *Anas acuta, A. americana, A. clypeata, A. crecca, A. discors, Aythya affinis* y *Fulica americana* entre otras. Endemismos de crustáceos *Procambarus chapalanus, P. prolixus* y *Pseudothelphusa* sp.; de peces *Algansea avia, A. popoche, Chapalichthys encaustus, Chirostoma consocium, C. jordani, Goodea atripinnis, G. gracilis, Ictalurus dugesi, Lampetra geminis, L. spadicea Poeciliopsis infans, P. presidionis, Skiffia bilineata*; de anfibios y reptiles *Rana megapoda, R. montezumae, R. neovolcanica*. Todas las especies antes mencionadas junto con *Buteo jamaicensis, Circus cyaneus, Falco mexicanus*, el bolsero cuculado *Icterus cucullatus* y *Myadestes townsendi* se encuentran amenazadas por desecación, contaminación y pérdida del hábitat. Los quironómidos indican alta concentración de materia orgánica, así como los leptocéridos y *Nectopsyche* sp., que además son indicadoras de aguas estancadas.

Aspectos económicos: hay cultivo de tilapia, bagre y carpa; problemas con el lirio acuático *Eichhornia crassipes*. Gran actividad agrícola. En Chapala hay explotación pesquera del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*, de pescado blanco *Chirostoma estor*, charales *Chirostoma* spp., carpa común *Cyprinus carpio*, bagres *Ictalurus dugesi, I. ochoterenii*, tilapias *Oreochromis aureus, O. mossambicus*. Hay gran actividad agropecuaria en el valle de Zamora y en la Ciénega de Chapala. Existe potencial geotérmico desaprovechado. Gran parte del agua se utiliza para riego y abastecimiento urbano. La industria juega un papel muy importante en la economía de la región.

Problemática:

Modificación del entorno: las cuencas bajas están muy alteradas por las prácticas agrícolas y los asentamientos humanos, la parte media y alta presentan diversos grados de conservación, siendo éstos mayores a medida que se alejan de los centros urbanos y agrícolas. Los lagos, además de la desecación por extracción, están sumamente degradados por la contaminación y el mal uso del agua. Se encuentra impactado por contaminación de origen doméstico, agrícola e industrial y por asentamientos humanos. El agua proveniente del río Lerma es de volumen variable y de mala calidad; el río Duero pierde calidad al pasar por la ciénega. Desecación, pérdida de suelos y crecimiento urbano en la periferia. Deforestación, construcción de presas y canales de riego. Proliferación de malezas acuáticas.

Contaminación: por basura, contaminantes provenientes de la zona del Bajío, de la Ciénega de Chapala y de la zona industrial de Toluca y Querétaro. Fuerte impacto proveniente de agroquímicos, aguas residuales y contaminantes industriales.

Uso de recursos: extracción de agua para riego en la agricultura. Peces godéidos y aterínidos en riesgo. Especies introducidas de carpa dorada *Carassius auratus*, carpa hervíbora *Ctenopharyngodon idella*, carpa *Cyprinus carpio*, lirio acuático *Eichhornia crassipes*, bagre *Ictalurus punctatus*, mojarra azul *Lepomis macrochirus*, lobina negra *Micropterus salmoides*, tilapia negra *Oreochromis mossambicus*, tilapia del Nilo *O. niloticus*, guppy *Poecilia reticulata*. Sobrexplotación de mantos acuíferos. Ausencia de ordenamiento pesquero.

Conservación: los lagos de la cuenca cerrada de Sayula-Atotonilco forman parte de los lagos endorreicos del eje neovolcánico. En especial estos lagos tienen importancia regional por el uso del agua, y que por la desecación, ponen en riesgo la integridad de la zona. Se requiere garantizar un volumen adecuado del afluente al lago de Chapala, mejorar la calidad del agua y un control adecuado de las malezas acuáticas. Es necesario el ordenamiento de la actividad pesquera en cuanto al número de pescadores, de embarcaciones, artes de pesca, áreas de pesca y días laborables. También se requiere organizar a los prestadores de servicios para cuidar las condiciones ambientales de las playas, establecer acciones de vigilancia y protección a las zonas de anidación y a las aves acuáticas, reptiles y mamíferos de las islas y sus alrededores. Evitar la tala de árboles y la introducción de ganado a ellas. En Jalisco y Michoacán preocupa el uso indiscriminado de agroquímicos en la agricultura y la sobrexplotación de aguas superficiales y mantos acuíferos. El Lago de Camécuaro está considerado Parque Nacional. Sistemáticamente en los lagos de la región se han venido realizando trabajos de investigación, desarrollo tecnológico y control de malezas acuáticas por la Comisión

Nacional del Agua, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, el Instituto de Limnología, el Centro de Estudios Limnológicos y el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Rural. Estudios puntuales por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM y la Universidad Autónoma Metropolitana. Existen estudios preliminares de la zona realizados por el CRIP-Pátzcuaro y la Estación Ecológica de Chapala de manera coordinada con la Universidad de Baylor, Texas.
Grupos e instituciones: Instituto de Limnología, UdeG; Comisión Nacional del Agua, Semarnap; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Pátzcuaro, INP; Estación Ecológica de Chapala, UAG; Universidad de Baylor, Texas; Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Rural, IPN; Insituto Mexicano de Tecnología del Agua, Depto. de Hidrobiología; Universidad Autónoma Metropolitana; Colegio de Michoacán y Colegio de Jalisco.

59. PRESAS RÍO TURBIO

Estado(s): Guanajuato — Extensión: 1 205.59 km^2
Polígono: Latitud 20°54'00" - 20°29'24" N
Longitud 101°58'12" - 101°29'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: Presas de Silva, El Coyote y San Antonio.
lóticos: río Turbio.
Limnología básica: conductividad mayor que 5 000 μseg. Ambientes lénticos artificiales someros, de meso a eutroficados por ingreso de aguas negras.
Geología/edafología: La topografía incluye lomeríos suaves y pendientes generales menores al 5%; al sureste la sierra de Pénjamo y al noreste la de Guanajuato. Suelos tipo Feozem, Luvisol, Castoñozem y Planosol.
Características varias: Clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Vientos con dirección SE-NO y SO-NE. Temperatura media anual 16-20°C. Precipitación total anual 600-1 000 mm; evaporación mayor que 1 200 mm.
Principales poblados: Cuerámaro, Manuel Doblado, Francisco del Rincón.
Actividad económica principal: agricultura de temporal y de riego; manufacturas menores.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: manchones de tular, pastizal inducido y natural, huizachal, matorral subtropical, matorral crasicaule y bosque de encino. Comunidades de aves acuáticas migratorias y residentes; predominancia de cianofitas en los cuerpos de agua. Ictiofauna característica de *Algansea tincella, Allophorus robustus, Chirostoma aculeatum, C. arge, C. jordani, C. labarcae, Moxostoma austrinum, Skiffia bilineata, Xenotoca variata, Yuriria alta*. Endemismo de peces *Allotoca dugesi, Ictalurus dugesi, Goodea atripinnis, Notropis calientis, Poecilopsis infans;* de reptiles y anfibios *Bufo occidentalis* (Gto. y Qro.), *Kinosternum integrum* (endémica del país), *Rana montezumae, Thamnophis* spp.; del ave *Anas diazi* (poco conocida). Especies en riesgo de aves como *Anas acuta, A. clypeata, A. crecca, Fulica americana, Oxyura jamaicensis,* así como patos y otras que se encuentran amenazadas por botulismo y contaminación.
Aspectos económicos: explotación de materiales pétreos, manufacturas menores. Pesquerías del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*, de carpa *Cyprinus carpio* y de tilapia *Oreochromis mossambicus*.
Problemática:
Modificación del entorno: por represamiento, desmonte y sobrepastoreo. Uso indiscriminado para abrevaderos de ganado.
Contaminación: por aguas residuales, agroquímicos y contaminantes industriales. Altas cargas DQO y DBO.
Uso de recursos: especies introducidas de carpas dorada *Carassius auratus* y común *Cyprinus carpio*, de tilapias azul *Oreochromis aureus* y negra *O. mossambicus*, del guppy *Poecilia reticulata* y del anfibio *Rana catesbeiana*. Uso del suelo para agricultura de temporal y de riego. El uso de las presas es para riego.
Conservación: la presa El Coyote tiene registros de aves migratorias cuya diversidad ocupa el 2o. lugar en Guanajuato. La presa de Silva ya fue escenario de mortalidades masivas de aves acuáticas. Las plantas de tratamientos de agua de las poblaciones de la región operarán hasta después del año 2000. Faltan estrate-

gias sustentables en el manejo y administración del agua. Falta conocimiento sobre el metabolismo de nutrientes, asimilación de metales pesados y agroquímicos, cadenas y redes alimenticias, balances hidráulicos y flujo de contaminantes.
Grupos e instituciones: Escuela de Medicina y Veterinaria, Universidad del Bajío (censan aves en Gto.); Maestría en Protección y Conservación Ambiental, Universidad Iberoamericana de León (no hay expertos de planta por políticas de contratación); División de Tecnología Ambiental, Universidad Tecnológica de León (hay personal trabajando con la calidad del agua).

60. ZACAPU

Estado(s): Michoacán **Extensión:** 216.75 km^2
Polígono: Latitud 20°00'36" - 19°52'12" N
Longitud 101°48'00" - 101°36'36" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lago de Zacapu, manatial Bellas Fuentes.
lóticos: río Angulo (efluente del lago de Zacapu).
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: en la región dominan las rocas ígneas, principalmente el basalto, con algunas evidencias de andesitas, riolitas y dacitas. Suelos tipo Feozem, Andosol y Vertisol.
Características varias: actualmente el lago de Zacapu es un reducto de la Ciénega de gran extensión que fue drenada para la agricultura; el cuerpo de agua ha quedado embebido en la mancha urbana de Zacapu. Clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 14-18°C. Precipitación total anual 800-1 200 mm.
Principales poblados: Zacapu, Chupícuaro.
Actividad económica principal: minería (depósito lacustre de diatomita), agricultura de temporal, ganadería, industria textil y comercio.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de encino-pino, de pino, de encino y pastizal inducido. Ictiofauna característica: de *Algansea tincella, Allophorus robustus, Chirostoma humboldtianum, C. jordani, Hubbsina turneri, Skiffia multipunctata, Xenotoca variata, Xiphophorus helleri, Yuriria alta, Zoogonecticus quitzeoensis.* Endemismo de *Chapalichthys encaustus, Goodea atripinnis, Poeciliopsis infans, Skiffia lermae.* Todas estas especies se encuentran amenazadas por la reducción del hábitat y eutroficación.
Aspectos económicos: hay actividad comercial, agropecuaria e industrial (Celanese). Pesquerías de trucha, carpa, lobina y del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae.*
Problemática:
Modificación del entorno: por deforestación, sobrexplotación de mantos acuíferos para drenes agropecuarios y alta densidad poblacional circundante.
Contaminación: por aguas residuales de Zacapu, por petróleo y desechos industriales. Alto contenido de materia orgánica e hidrocarburos en el Río Angulo por descargas municipales de Zacapu y Celanese respectivamente. Problemas serios de eutroficación.
Uso de recursos: Especies introducidas de carpa común *Cyprinus carpio*, lobina negra *Micropterus salmoides*, trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* y tilapia negra *Oreochromis mossambicus.* Uso de suelo para asentamientos humanos y agropecuario.
Conservación: hay necesidad de reforestar y restaurar la cuenca lacustre, pues ha sido impactada por el establecimiento de drenes agropecuarios que redujeron el lago a un remanente, aunado a una intensa deforestación de la cuenca, azolvamiento deliberado del lago y el englobamiento del lago en la mancha urbana de Zacapu. Existen algunos estudios de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, el CRIP-Pátzcuaro y el IPN, sin embargo no está plenamente identificado el impacto ambiental de Celanese sobre el río Angulo.
Grupos e instituciones: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Pátzcuaro; Instituto Politécnico Nacional.

61. LAGOS-CRÁTER DE VALLE DE SANTIAGO

Estado(s): Guanajuato y Michoacán **Extensión:** 3 478.03 km^2
Polígono: Latitud 20°31'12" - 19°57'36" N
Longitud 101°42'36" - 100°25'12" W

Recursos hídricos principales

léntícos: 7 lagos-cráter: Hoya Rincón de Parangueo, Hoya San Nicolás, Hoya Estrada, Hoya Blanca, Hoya La Cintura, Hoya La Alberca, Hoya Álvarez y Presa Solís.

lóticos: río Lerma.

Limnología básica: 7 hoyas o lagos maars de menos de 1 km de diámetro y menos de 10 m de profundidad, con forma de circular a elíptica, en la cuenca del río Lerma-Santiago. Debido a la extracción intensiva, el abatimiento del manto freático es de 0.5 a 2.5 m por año. En la actualidad las hoyas de San Nicolás y la Cintura se encuenran secos. pH elevado entre 9.5 y 9.8; conductividad (K_{25}) de 5-6 mS.cm^{-1} y de 70 a 80 mS.cm^{-1} para la Alberca y Rincón de Parangueo, respectivamente. Al parecer se ha presentado un incremento en la salinidad a lo largo del tiempo, lo cual indica que, además de la desecación por sobrexplotación del agua, ha existido un proceso de evaporación importante en los lagos. Se catalogan como lagos sódicos por su composición iónica, predominando los carbonatos y bicarbonatos de sodio. Su reducido volumen los hace muy susceptibles a presentar fluctuaciones amplias de temperatura y oxígeno disuelto. De acuerdo con su régimen de mezcla pueden ser estratificados por diferencias de salinidad —como Rincón de Parangueo— o bien mezclados —como la Alberca. Son lagos turbios color verde, con reducida penetración de lus y elevada producción primaria. El sedimento del fondo es fino y rico en materia orgánica.

Geología/edafología: zona de montes y lomeríos de textura media con suelos aluviales y brecha volcánica tipo Háplico y Lúvico. Suelos tipo Vertisol y Feozem.

Características varias: clima semicálido subhúmedo y templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 16-20°C. Precipitación total anual 700-1 000 mm.

Principales poblados: Valle de Santiago, Acámbaro.

Actividad económica principal: agricultura de riego y temporal, obtención de materiales (grava y arena) para la industria de la construcción.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral tropical, bosques de pino-encino, de encino-pino, pastizal natural e inducido, tropical caducifolio (remanente). Flora característica: cardos y cactáceas *Opuntia* spp. En relación con fitoplancton, los lagos están dominados por cianobacterias *Actinastrum* sp., *Anabaena* sp., *Arthrospira platensis* y *Oscillatoria* sp. Fauna característica: el copépodo *Diaptomus albuquerquensis*; los rotíferos *Brachionus inermis* y *Hexarthra polyodonta*; el ciliado *Vorticella* sp.; los dípteros *Chaoborus* sp. y larvas de la mosca alcalina *Ephydra hians*; de peces *Chirosoma arge, C. jordani, Xenoteca variata, Yuriria alta.* Endemismos de peces *Alloophorus robustus, Chirostoma bartoni, Goodea atripinnis, Notropis calientis;* los cuales se encuentran amenazados. Debido a que este tipo de habitat es muy peculiar, es muy posible que existan especies acuáticas únicas en México. Las aves acuáticas asociadas a los humedales marginales han visto reducidas sus áreas de alimentación, anidación y crianza.

Aspectos económicos: agricultura, pesca y turismo. Por su vocación natural, los terrenos de San Nicolás y la Cintura son adecuados para la agricultura y el pastoreo, los de la Alberca para el pastoreo y los de Rincón de Parangueo para uso forestal.

Problemática:

Modificación del entorno: la vegetación natural de lacuenca ha sido prácticamente sustituida por la práctica agrícola de temporal y de riego, por la alta densidad de población y la extracción masiva de leña. La combinación de las alteraciones humanas con épocas de sequía severa han llevado a la degradación o desertificación (erosión y salinización de suelos) generalizada de la cuenca. Preocupa la fuerte deforestación yla sobrexplotación de los mantos freáticos.

Contaminación: por desechos sólidos (basura), aguas residuales domésticas, (detergentes y blanqueadores) e industriales y agroquímicos.

Uso de recursos: leña y pesca de especies introducidas del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) mon-*

tezumae, de las carpas dorada *Carassius auratus* y común *Cyprinus carpio* y de la tilapia negra *Oreochromis mossambicus*.
Conservación: dada la cercanía de los volcanes cráter con la zona urbana de la ciudad del valle de Santiago, se necesita elaborar un plan de conservación de las hoyas, promoviendo aspectos turísticos y evitando el desarrollo urbano orientado hacia los volcanes-cráter. Se desconoce por completo las características químicas del agua y la biota de los volcanes-cráter.
Grupos e instituciones: ND.

62. PÁTZCUARO Y CUENCAS ENDORREICAS CERCANAS

Estado(s): Michoacán y Guanajuato **Extensión:** 7 092.87 km^2
Polígono: Latitud 20°20'24" - 19°04'48" N
Longitud 101°55'48" - 100°48'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos de Pátzcuaro, Zirahuén, Cuitzeo, Yuriria, San Gregorio; estanque "Las Condembas" en Opopeo; manantiales de Huandacareo, Copándaro, Sta. Rita, San Juan Tararameo, de Araró; presas de Cointzio, Malpaís, Santa Clara, Umécuaro, Wilson, Loma Caliente y Xoconoles.

lóticos: ríos Grande y Chiquito de Morelia, Lerma, Queréndaro, Tirio, Tiripetío, Charo, San Marcos, Caliente, Frío, San Lucas y Zinapécuaro; arroyos La Palma, Chapultepec, Santa Fé, Quiroga, Ajuno y Huintzio.

Limnología básica: Pátzcuaro: área 9 000 ha.; vol. 500x10^6 m^3; prof. max. 12.3 m, prof. media 4.9 m; conductividad 800 µmhos/cm; temp. 15-25°C; pH = 8.9-9.1; O_2 = 4-7.3 mg/l; alcalinidad de 10 meq/l; dureza de 125 a 187 mg/l; visibilidad 0.2 a 0.5 m; eutroficado. Por tratarse de una cuenca endorreica el agua que llega al lago proviene únicamente de la precipitación pluvial, las escorrentías superficiales y los manantiales que afloran en su interior; las pérdidas de agua son debidas a la evaporación, transpiración de las plantas y a las extracciones. El lago cuenta con varias islas La Pacanda, Yunuén, Tecuén, Janitzio, Urandén Morelos, Urandén Morales y Jarácuaro. Cuitzeo: de forma alargada con un área total de 30 000 ha; el volumen medio anual de agua alcanza los 255 Mm^3. El volumen de agua promedio por escurrimiento que recibe en un año es de 456 Mm^3, y la evaporación es de 766 Mm^3; por tanto el déficit lluvia /evaporación es de 310 Mm^3; altitud 1 820 msnm. Características: polimíctico, conductividad promedio 3 050 µmhos/cm; temp. 20-30°C; pH = 8-11.5; visibilidad máxima 15 cm; Salinidad 1.75 o/oo. Las sales predominantes son carbonatos y bicarbonatos, asociados sobre todo al sodio (61.5%) que es muy abundantes en la región; el calcio (8.2%) y el magnesio (13.2%), que se consideran elementos responsables de la dureza del agua, los cuales no son abundantes en el lago, de manera que éste se caracteriza como lago de agua blanda y al mismo tiempo salada. Presenta un tipo de suelo de consistencia débil y cuando están húmedos son tierras pegajosas y plásticas, lo que ocasiona que sean pocopermeables y de drenaje lento. A esta composición se le agrega la gran cantidad de sal (cloruro de sodio), "tequesquite" (mezcla de sulfato y cloruro de sodio), potasa y calizas que son el origen de su salinidad. A este lago llegan los ríos Grande de Morelia y Queréndaro y algunos manantiales pequeños de aguas termales. Recibe las aguas residuales crudas de Morelia que lo convierten a hipertrófico. Posee 11 islas, conocidas como Los Puercos, Tzirio Grande, Tzirio Chico, Las Cuatas, Chanaco, Tecuena, Corandeo, Las Borras, Los Magueyes, Las Palmas y Huiripitio. Yuriria: conductividad 200 µmhos/cm. Zirahuén: área 970 ha; vol. 216x10^6 m^3; conductividad 100 µmhos/cm; temp. 15-22°C; pH = 8; O_2 = 0.3-7.3 mg/l; alcalinidad = 1 meq/l; P total = 5-10 µg/l; clorofila "a" = 2 mg/m^3 el lago presenta fertilización intermedia y una elevada penetración de luz, por lo que está considerado como oligomesotrófico. En términos de fertilización, se puede predecir una condición de enriquecimiento para la cuenca con una carga de 0.25 g-P/m^2/año. La pérdida de agua subterránea es evidente por la desaparición de los veneros en Tembúcharo y la desviación del agua del manantial de San Gregorio para su utilización en la cuenca vecina de Pátzcuaro. El arroyo La Palma: vel. corriente 0.05-.5 m^3/s. Presa Cointzio: capacidad de 60.7 Mm^3. Construida con el propósito de servir para riego, proporcionar agua potable, controlar avenidas y generar energía eléctrica. Presa Malpaís: capacidad de 29.6 Mm^3.

Geología/edafología: zona de origen volcánico, con rocas predominantemente basálticas y andesíticas; pertenecen a la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico Transversal. Sus límites son las sierras de Comanja, Ziriate, Tigre, Santa Clara, Tingambato, Nahuatzen, Pichataro y Tarasca. Existen evidencias geológicas y biológicas que demuestran que la cuenca fue en sus orígenes abierta; formando un sistema hidrológico contínuo desde el lago Zirahuén, lago de Pátzcuaro y lago de Cuitzeo, para llegar finalmente como tributario al río Lerma. Posteriormente por procesos tectónicos, los lagos quedaron aislados formando su propia cuenca, desde entonces cerrada o endorreica. Los suelos son de varios tipos: Andosol, Luvisol, Litosol, Acrisol, Gleysol, Rankers, Vertisol y Feozem. En su mayoría se trata de suelos jóvenes en proceso de formación y con alta suceptibilidad a la erosión.
Características varias: Pátzcuaro: clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 14-20°C Precipitación total anual de 700-1 400 mm; evapotranspiración 800 mm. Cuitzeo: clima seco con lluvias en verano, en donde por lo general la evaporación excede a la precipitación. Temperatura entre 14.3-21°C, con una isoterma de 18°C. Precipitación entre 5.7-147.5 mm siendo su isoyecta de 600 mm.

Principales poblados: Pátzcuaro, Morelia, Zirahuén, Sta. Clara del Cobre, Opopeo, Quiroga, Queréndaro.

Actividad económica principal: forestal, industrial, agrícultura de temporal, de riego y de humedad, turismo, ganadería, pesca y manufactura del cobre.

Indicadores de calidad de agua: Pátzcuaro y Cuitzeo: eutrófico. Zirahuén: oligo-mesotrófico. Cuitzeo: hipertrófico.
Biodiversidad: Tipos de vegetación: bosques mixtos de pino-encino, de pino, de encino, de oyamel, tropical caducifolio, pastizales, matorral subtropical, matorral desértico micrófilo, especialmente asociaciones de huizache-mezquite y vegetación halófila. Existe una gran diversidad de hábitats: lagos, reservorios, cuerpos acuáticos someros, ríos, arroyos, lagos salinos y humedales. En Pátzcuaro, flora característica: *Arbutus xalapensis, Clethra mexicana, Garrya laurifolia,* de pinos *Pinus lawsonii, P. leiophylla, P. michoacana, P. montezumae, P. pseudostrobus,* de encinos *Quercus candicans, Q. castanea, Q. crassipes, Q. gentryi, Q. laurina, Q. obtusata, Q. rugosa*; vegetación acuática: *Bacopa monnieri,* xuturi *Berula erecta,* tripa de pollo *Bidens aurea, B. laevis,* bejuquillo *Ceratophyllum demersum,* cuchilla *Cyperus niger, C. semiochraceus,* raicilla *Eleocharis montevidensis, Hydrocotyle ranunculoides, Limnobium laevigatum, Lemna gibba,* zacate *Najas guadalupensis* var. *guadalupensis,* ninfa *Nymphaea mexicana,* navajilla *Oxycaryum cubense, Platanthera limosa,* putzuri de hoja ancha *Potamogeton illinoensis,* putzuri delgado *P. pectinatus, Ranunculus dichotomus,* platanillo *Sagittaria latifolia latifolia, S. platyphylla, Scirpus californicus, S. validus,* flores de agua *Spirodela polyrrhiza,* tule *Typha domingensis, T. latifolia, Utricularia macrorhiza, Wolffia brasiliensis, Wolffiella lingulata*; vegetación riparia: *Salix bonplandiana* y *Taxodium mucronatum.* Fauna característica: de peces *Algansea monticola, A. tincella, Alloophorus robustus, Allotoca diazi, A. meeki, A. regalis, Chirostoma aculeatum, C. arge, C. estor, C. humboldtianum, C. labarcae, C. lucius, C. sphyraena, Hubbsina turneri, Moxostoma austrinum, Neoophorus diazi, Skiffia multipunctata, Xenotoca eiseni, X. variata, Yuriria alta, Zoogonecticus quitzeoensis;* de anfibios y reptiles la salamandra o achoque *Ambystoma dumerili.* Endemismos de plantas: *Arenaria bourgaei, Panicum sucosum, Sagittaria macrophylla;* de peces *Algansea lacustris, Allotoca dugesi, Chirostoma attenuatum, C. bartoni, C. charari, C. consocium, C. estor copandaro, C. grandocule, C. jordani, C. patzcuaro* (posiblemente extinta), *Goodea atripinnis, G. gracilis, G. luitpoldi, Notropis calientis, N. sallei, Poecilopsis infans, Skiffia bilineata, S. lermae.* Todas estas especies amenazadas por contaminación y extracción de acuíferos. En Cuitzeo, flora característica: huizache *Acacia* sp., cazahuate *Ipomoea murucoides,* mezquite *Prosopis* sp., pirul *Schinus molle;* vegetación halófila: checame *Distichlis spicata,* verdolaga *Portulaca oleracea* y romerito *Suaeda nigra*; vegetación acuática: *Ceratophyllum demersum, Lemna gibba, Polygonum* sp., *Potamogeton illinoensis, P. pectinatus, Sagittaria latifolia latifolia y S. macrophylla, Oxycaryum cubense, Typha angustifolia, T. domingensis.* Fauna característica: de crustáceos *Cambarellus (Cambarellus) montezumae;* de peces *Algansea tincella, Alloophorus robustus, Chirostoma aculeatum, Hubbsina turneri, Xenotoca variata*de; mamíferos el zorrillo *Conepatus mesoleucus,* el tlacuache *Didelphis virginiana,* la comadreja *Mustela frenata,* el tejón *Nasua narica,* la ardilla de tierra *Spermophilus variegatus,* el conejo *Sylvilagus floridanus* y la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus.* Endemismos de peces *Algansea lacustris, Allotoca dugesi, Chirostoma attenuatum, C. bartoni, C. grandocule, C. jordani, Goodea atripinnis, Poecilopsis infans.* Los peces *Hubbsina turneri, Lampetra spadicea, Skiffia bilineata, S. lermae* y la rana *Anas acuta* se encuentran amenazados por contaminación y extracción de acuíferos. En

Zirahuén, endemismo de *Chirostoma attenuatum zirahuen y C. estor zirahuen* amenazadas por contaminación orgánica. En la presa Cointzo, ictiofauna característica: *Alloophorus robustus, Algansea tincella, Hubbsina turneri, Neoophorus diazi, Skiffia multipunctata, Zoogonecticus quitzeoensis.* Endemismos de peces *Allotoca dugesi, Poecilopsis infans, Skiffia bilineata, S. lermae.* En el lago Yuriria, ictiofauna característica: *Alloophorus robustus, Xenotoca variata, Yuriria alta.* Endemismos de peces *Chirostoma jordani, Goodea atripinnis, Notropis sallei, Skiffia bilineata.*

Aspectos económicos: pesca artesanal del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae,* de acúmara *Algansea lacustris,* chegua *Alloophorus robustus, Allotoca dugesi,* achoque *Ambystoma dumerili,* trompo o carpa dorada *Carassius auratus,* charal prieto *Chirostoma attenuatum,* pescado blanco, *C. estor,* charal blanco *C. grandocule,* charal *C. humboldtianum,* charal pinto *C. patzcuaro,* carpa *Cyprinus carpio,* tiro *Goodea atripinnis,* barrigones *Hubbsina turneri,* lobina negra *Micropterus salmoides,* choromu *Neoophorus diazi, Neotoca bilineata,* tilapias azul *Oreochromis aureus,* negra *O. mossambicus* y del Nilo *O. niloticus, Skiffia lermae, Xenotoca variata, Zoogonecticus quitzeoensis.* Existe además la captura de mosco que incluye a un conjunto de crustáceos y larvas de insectos así como a la rana *Anas acuta.* El agua es un recurso estratégico del cual dependen los asentamientos humanos y las actividades antropogénicas regionales, se usa para abastecimiento, riego, acuicultura, ganadería, generación de energía eléctrica, actividades turísticas (lago) y transporte. Extracción de tule y artesanía del empajado. Los principales productos agrícolas incluyen maíz, frijol, avena, janamargo y lenteja. Existe una amplia diversidad de ramas artesanales como tallado de piedra y cantera, alfarería bruñida, textiles elaborados en telares de cintura, sombreros y artículos de palma, petates de tule y chuspata y tallados en madera y laca. En general, el manejo del bosque es extractivo, no existe un manejo silvícola que cuide el recurso. Se estima que de cada 4 m^3 de madera que ingresan a los aserraderos de la región, tres son clandestinos.

Problemática:

Modificación del entorno: cuerpos de agua impactados por altas densidades de población y actividades productivas de la región. Sobrexplotación de mantos acuíferos, deforestación intensiva y construcción de carreteras. Los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén (reducto de bosque mesófilo) y Cuitzeo presentan azolvamiento continuo del vaso lacustre y reducción de la cuenca lacustre por aportes de sedimentos, producto de la deforestación y erosión severa de los suelos, presencia de malezas acuáticas así como de descargas de basura, aguas negras, fertilizantes y biocidas.

Contaminación: por agroquímicos, aguas residuales domésticas y desechos sólidos.

Uso de recursos: peces nativos (aterínidos y goodéidos), aves (ambistómidos en riesgo). Hay especies introducidas resistentes y de amplia distribución como las carpas dorada *Carassius auratus* y común *Cyprinus carpio,* los charales de Xochimilco *Chirostoma humboldtianum* y de la Laguna *Chirostoma lucius,* el lirio acuático *Eichhornia crassipes,* la lobina negra *Micropterus salmoides,* el guppy *Poecilia reticulata,* las tilapias azul *Oreochromis aureus,* negra *O. mossambicus,* del Nilo *O. niloticus* y la cola de espada *Xiphophorus helleri.* No hay observancia de las vedas, manejo inadecuado de la cuenca, sobrexplotación de mantos acuíferos y artes de pesca inadecuadas como chinchorros (red de arrastre), agalleras y atarrayas así como sobrexplotación de las grandes pesquerías. Extracción de tule para artesanía del empajado. El uso de suelo es forestal y agropecuario. Existe tala clandestina e incendios, los cuales requieren de atención inmediata. Extracción de leña como combustible.

Conservación: son zonas sumamente impactadas por la alta densidad de población humana y por actividades productivas regionales; preocupa la deforestación, erosión y azolvamiento de cuerpos de agua; la introducción de especies exóticas; vertimiento de aguas residuales y sobrexplotación de mantos acuíferos. El bosque mesófilo de montaña en riesgo. Se necesita reforestación, acuicultura de especies nativas para repoblar; tratamiento de aguas residuales y reciclamiento del agua, hacer un saneamiento ambiental (manejo adecuado de los contaminantes) y poner letrinas. Se necesita reducir el uso de la leña como combustible y fomentar el uso de estufas o alternativas más eficientes. Se estima que la mitad del territorio perteneciente a la región del lago de Páztcuaro presenta un franco proceso de degradación.

Grupos e instituciones: Universidad Nacional Autónoma de México; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras – Pátzcuaro; Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Existen proyectos de colaboración con la Escuela Nacional Estudios Profesionales - Iztacala, la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa y otras.

63. LOS AZUFRES

Estado(s): Michoacán **Extensión:** 1 319.15 km²
Polígono: Latitud 19°52'12" - 19°11'24" N
Longitud 100°28'12" - 100°12'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presas El Bosque, Pucuato, Sabaneta y Mata de Pinos, manantiales.
lóticos: ríos Zitácuaro, Hidalgo, arroyos.

Limnología básica: 50 µmhos/cm; temp.13-22°C; pH=7.5; DO=7.0; aguas blandas (2 mg/l Ca^{++}).

Geología/edafología: sierra de Angangueo con pendientes abruptas; suelos tipo Andosol, Luvisol, Vertisol y Feozem.

Características varias: clima semicálido subhúmedo, templado subhúmedo y semifrío subhúmedo, todos con lluvias en verano. Temperatura media anual 8-20°C. Precipitación total anual de 1 000-1 500 mm.

Principales poblados: Angangueo, Cd. Hidalgo, Zitácuaro, Jungapeo de Juárez.

Actividad económica principal: agricultura de temporal y de riego, ganadería, forestal, turística y comercial.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de oyamel, de pino, de encino y pastizal inducido. Refugio de la mariposa monarca *Danaus plexipus*; existen reservorios múltiples en el área de los Azufres y el corredor turístico Pucuato-Sabaneta-Mata de Pinos. Fauna característica: de peces *Chirostoma estor, Hybopsis boucardi*, *Xiphophorus helleri*; de aves el tecolote *Bubo virginianus*, el zopilote de cabeza roja *Cathartes aura*, el cuervo *Corvus corax* y diversos colibríes; de mamíferos el coyote *Canis latrans*, la comadreja *Mustela frenata*, el venado cola blanca *Odocoileus virginianus*, los conejos *Sylvilagus* spp. y la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*.

Aspectos económicos: hay industrias maderera, resinera y turística. Ingresos menores por pesca de trucha. Se cuenta con la geotermia como recurso estratégico. El agua se usa para riego, abastecimiento urbano e industrial y acuicultura. Los acuíferos permiten el cultivo de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss*, que denota aguas limpias y de la lobina negra *Micropterus salmoides*. Pesca del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*.

Problemática:
Modificación del entorno: deforestación intensiva, agricultura intensiva y construcción de caminos.
Contaminación: desechos sólidos y aguas residuales domésticas.
Uso de recursos: ecoturismo de la mariposa monarca y pozas geotermales, actividades maderera y resinera. Uso de suelo forestal. Cacería futiva. Especies introducidas de carpa *Cyprinus carpio*, de tilapias negra *Oreochromis mossambicus* y roja *Tilapia rendalli*.

Conservación: preocupa la deforestación y extracción de resina indiscriminadas en zonas que incluyen áreas naturales protegidas; la mariposa monarca en riesgo por exceso de tala de los bosques. Se propone reforestación (es una zona con vegetación representativa del Eje Neovolcánico). Existen estudios preliminares sobre las presas Pucuato, Sabaneta y Mata de Pinos, conducidos por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Pátzcuaro. Las zonas de refugio de la mariposa monarca están consideradas como Áreas Naturales Protegidas en recategorización.

Grupos e instituciones: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Pátzcuaro; Monarca, A. C.

64. HUMEDALES DE JILOTEPEC - IXTLAHUACA

Estado(s): Edo. de México **Extensión:** 1 136.49 km²
Polígono: Latitud 20°06'00" - 19°40'12" N
Longitud 99°51'00" - 99°19'12" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presas Danxho, Taxhimay, El Molino, Trinidad Fabela, de Palos, Huaracha, Nadó, San Antonio, Sta. Elena, San Pedro, San Juanico, Tepetitlán, laguna de Huapango, bordos, lagos, manantiales termales.

lóticos: ríos Lerma, el Molino, Ñadó, la Ladera, el Pescado, Coscomate, los Sabios, el Oro, los Arcos y arroyo Zarco.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: sierra de San Andrés al sur. Suelos de tipo Luvisol, Planosol, Feozem y Andosol.

Características varias: clima templado subhúmedo, semifrío subhúmedo con lluvias en verano y parte del otoño. Temperatura media anual 10-16°C. Precipitación total anual de 700-1 200 mm.

Principales poblados: Jilotepec de Abasolo, Tepeji de Ocampo, Tula de Allende, Atlacomulco de Fabela, San Felipe del Progreso.

Actividad económica principal: acuicultura, ganadería y agricultura de riego y de temporal.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino y pino, pastizal inducido y tular. Diversidad de hábitats: lagos, reservorios, cuerpos acuáticos someros, ríos, humedales. Ictiofauna característica: *Algansea tincella, Chirostoma arge, C. humboldtianum, C. jordani, C. labarcae, Poecilia mexicana, Poeciliopsis gracilis, Xenotoca variata, Yuriria alta.* Endemismos de peces *Algansea barbata, Chirostoma estor, Girardinichthys multiradiatus, Goodea atripinnis, Notropis sallei, Skiffia lermae* y el efemeróptero *Lachlania* sp.

Aspectos económicos: actividad agrícola, comercial, ganadera y acuícola.

Problemática:

Modificación del entorno: sobrepastoreo y tala forestal.

Contaminación: ND.

Uso de recursos: especies introducidas del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae,* las carpas herbívora *Ctenopharyngodon idella,* común *Cyprinus carpio* y dorada *Carassius auratus,* la lobina negra *Micropterus salmoides* y especies locales de pupos *Algansea barbata* y *Algansea tincella,* charal *Chirostoma humboldtianum* y pescado blanco *Chirostoma estor.* Reminiscencia cultural del México lacustre en consumo de invertebrados y anfibios por el hombre.

Conservación: se recomienda llevar al cabo programas de recolonización de cuerpos efímeros, estudios sobre productividad primaria y secundaria y sobre patrones de diversidad alfa y beta.

Grupos e instituciones: Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Estudios Profesionales - Iztacala; Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de Mexico; Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

65. CABECERA DEL RÍO LERMA

Estado(s): Edo. de México — Extensión: 2 460.13 km^2

Polígono: Latitud 19°35'24" - 19°04'12" N

Longitud 99°54'36" - 99°18'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: presas Antonio Alzate e Ignacio Ramírez, ciénega del Lerma, lagos, manantiales.

lóticos: río Lerma.

Limnología básica: aguas subterráneas del acuífero del valle de Toluca.

Geología/edafología: predomina un suelo rico en materia orgánica y nutrientes Feozem así como de tipo Andosol, Luvisol y Vertisol.

Características varias: clima templado subhúmedo, semifrío y frío con lluvias en verano y parte del otoño. Temperatura media anual 10-14°C. La precipitación total anual de 700-1 200 mm.

Principales poblados: Almoloya de Juárez, Xonacatlán, Villa Cuauhtémoc, Toluca, Lerma.

Actividad económica principal: agricultura de riego y de temporal (cultivo de maíz) e industrial (metal-mecánica y química).

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de pino, de oyamel, pastizal inducido. Diver-

sidad de hábitats: reservorios, ríos, arroyos y humedales. Vegetación acuática: *Nymphaea gracilis*. Fauna característica: de peces *Algansea tincella, Chirostoma humboldtianum, Ocyurus chrysurus*; de aves *Anas acuta, A. crecca, A. clypeata, A. cyanoptera, A. discors, A. strepera, Aythya affinis, A. americana, A. valisineria, Gallinago gallinago*. Endemismos del protozoario *Sagittaria deveersa;* de peces *Algansea barbata, Chirostoma riojai, Goodea atripinnis, Notropis sallei, Girardinichthys multiradiatus, Poeciliopsis infans;* de anfibios *Ambystoma lermaensis*. Las especies de *Algansea* spp., *Ambystoma lermaensis* y *Daphnia pulex*; así como las aves *Geothlypis speciosa, Ixobrychus exilis* y *Rallus elegans tenuirostris* se encuentran amenazadas por contaminación del agua y pérdida de hábitat. Las especies de *Ambystoma mexicanum* y *Poecilia reticulata* son especies indicadoras de contaminación.
Aspectos económicos: pesquerías de las especies de *Algansea* spp. y *Daphnia pulex*, así como del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*. Hay actividad industrial y agricultura intensiva.
Problemática:

Modificación del entorno: bastante degradado por causas antropogénicas. Existe deforestación, erosión, desecación de las lagunas de Almoloya del Río y contaminación.

Contaminación: por aguas residuales domésticas e industriales, agroquímicos y desechos sólidos.

Uso de recursos: esta zona abastece de agua al D.F. y riega más de 10 mil ha para agricultura. Especies introducidas de carpas dorada *Carassius auratus*, herbívora *Ctenopharyngodon idella* y común *Cyprinus carpio* y del guppy *Poecilia reticulata*. Las faldas del Nevado de Toluca y valle de Toluca con un 80% de uso de suelo agrícola y 20% urbano. Violación de vedas a la cacería de patos migratorios.

Conservación: la principal preocupación es la desecación de las lagunas de Almoloya del Río, nacimiento del río Lerma. En época de secas el río Lerma sólo lleva aguas residuales, lo cual indica la necesidad de tratamiento intensivo de sus aguas.
Grupos e instituciones: Centro Interamericano de Recursos del Agua, UAEM; Ciencias básicas, UAM - Azcapotzalco; Gerencia de Ciencias Ambientales, ININ.

66. LAGOS CRÁTER DEL NEVADO DE TOLUCA

Estado(s): Edo. de México **Extensión:** 927.69 km^2
Polígono: Latitud 19°06'36" - 18°48'00" N
Longitud 99°54'36" - 99°28'48" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos cráter El Sol y La Luna.

lóticos: arroyos de montaña y manantiales.

Limnología básica: lago alpino tropical El Sol, situado a una altura de más de 2 500 m; con agua muy limpia y de baja mineralización; pH < 7; temp. < 14°C, con una estratificación ligera que desaparece completamente desde el otoño hasta la primavera del siguiente año; nutrientes escasos; alcalinidad baja; DBO/DQO baja. Las sales predominantes son los sulfatos sin llegar a ser tóxicos. La luz penetra hasta la máxima profundidad de 14 m. No tiene ríos, se trata de una cuenca endorreica, polimíctica, debida a cambios de temperatura extrema del aire entre el día y la noche. El lago es circular, con un área de 24 ha y una profundidad media de seis metros. La precipitación máxima mensual (17.5 mm) coincide con la concentración máxima de clorofila en el agua (3.14 mg/m^3), así como con los máximos de nutrientes (nitratos y fosfatos). Existe dominancia de dinoflagelados en el fitoplancton lo que les permite distribuirse óptimamente en la columna de agua y aprovechar los factores ambientales como la luz, la temperatura y la disponibilidad de nutrientes. Los aportes hídricos son debidos a la lluvia en verano, la nieve en invierno y el agua de deshielo en primavera; las pérdidas son debidas exclusivamente a la evaporación.
Geología/edafología: Embalse alpino ubicado en zona tropical. La cuenca es de roca sólida y está cubierta de grava y arena provenientes de la misma roca. Suelos tipo Regosol y Andosol.
Características varias: clima frío y semifrío húmedo en las faldas del volcán. Temperatura media anual 2-12°C. Precipitación total anual 1 200-2 000 mm; evaporación de 990 mm.

Principales poblados: Toluca, Agua Blanca, Buenavista, Ojo de Agua.

Actividad económica principal: turismo, pesca deportiva, forestal y agrícola.

Indicadores de calidad de agua: oligotrófico a ultraoligotrófico.

Biodiversidad: tipo de vegetación: pastizal alpino dominado por gramíneas, líquenes y musgos con manchones de bosque de pino-encino, de pino, de oyamel y bosque tropical caducifolio; reservorios exclusivos de fito y zooplancton, típicos de lagos alpinos. En la flora estudiada se han reconocido 91 taxa en total, siendo las clorofitas las de mayor diversidad. Entre las familias más importantes destacan Zygnematacea, Oedogoniacea y Chaetomedia. De los 49 géneros, ocho son nuevos registros para México. La flora de El Sol presenta mayor afinidad de géneros con la andina que con la mexicana, pero a nivel de especies el parecido es mayor con la flora mexicana. En El Sol se observa la dominancia en el fitoplancton de los dinoflagelados *Peridinium lomnickii* y *P. willei* y de la crisofita *Dinobryum cilindricum alpinum*. La fauna de reptiles y mamíferos está constituida por lagartijas, pequeños roedores y periódicamente visitado por *Atlapetes virenticeps, Atthis heloisa, Campylorhynchus gularis, C. megalopterus, Catharus occidentalis*, el águila solitaria *Harpyhaliaetus solitarius, Lepidocolaptes leucogaster, Melanotis caerulescens, Toxostoma ocellatum* y *Vireo brevipennis*. Endemismo del crustáceo *Pseudothelphusa granatensis*. Dentro del grupo de los rotíferos están reportados 11 nuevas especies para México: *Aspelta lestes, Cephalodella tenuiseta, Dicranophorus forcipatus, Lecane inopinata, L. sulcata, Lepadella rhomboides, Notommata glyphura, Taphrocampa annulosa, Testudinella emarginula, Trichocerca bidens y T. collaris.*

Aspectos económicos: turismo, cultivo y pesca deportiva de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* introducida en los manantiales. Recarga de acuíferos procedente de los manantiales.

Problemática:

Modificación del entorno: tala inmoderada y deforestación, erosión, disminución de áreas de captación, fragmentación del hábitat, crecimiento poblacional, pastoreo, abatimiento de manantiales.

Contaminación: por basura.

Uso de recursos: especie introducida de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss*. Uso de suelo forestal y agrícola.

Conservación: Se sugiere control de la trucha introducida y definir su impacto sobre la comunidad. Debe controlarse la deforestación y la erosión del entorno. Falta conocimiento sobre biodiversidad y producción de lagos ácidos y alpinos en zonas tropicales. Considerado Parque Nacional.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma del Estado de México; Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco; Universidad Nacional Autónoma de México.

67. RÍO AMACUZAC - LAGUNAS DE ZEMPOALA

Estado(s): Morelos, Guerrero y Edo. de México — Extensión: 7 924.72 km^2

Polígono: Latitud 19°13'12" - 17°53'24" N
Longitud 99°42'36" - 98°37'48" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos Coatetelco, Miacatlán, Zempoala, Tequesquitengo, el Rodeo y manantiales de aguas termales.

lóticos: ríos Amacuzac, Tetecala, Tembembe, San Jerónimo, Tetlama o Yautepec, Jojutla, Chinameca o Cuautla y arroyos.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: sierra del Chichinautzin, Valle de Cuernavaca; predominan los suelos Feozem, que son obscuros, suaves y ricos en materia orgánica y nutrientes, además de Vertisoles, Castañozem, Andosoles y Rendzinas.

Características varias: clima templado subhúmedo, cálido subhúmedo y semicálido subhúmedo con lluvias en verano y principios de otoño. Temperatura media anual 8-26°C. Precipitación total anual 800-2 000 mm.

Principales poblados: Cuernavaca, Mazatepec, Tetecala, Jojutla, Zacatepec, Puente de Ixtla, Amacuzac, Coatetelco.

Actividad económica principal: comercio, agricultura de riego y de temporal, cultivo de frutales, ganadería y turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipo de vegetación: bosques de pino-encino, de encino-pino, de oyamel, de tascate, selva baja caducifolia y pastizal inducido. Fauna característica: de peces *Astyanax fasciatus, Cichlasoma nigrofasciatum, Heterandria bimaculata, Poecilia sphenops, Poeciliopsis gracilis, Xiphophorus helleri;* de aves el colibrí de berilo *Amazilia beryllina, Atlapetes virenticeps, Atthis heloisa, Campylorhynchus gularis, Catharus occidentalis,* el halcón *Falco sparverius, Melanotis caerulescens,* el vencejo *Streptoprocne semicollaris, Toxostoma ocellatum*; de mamíferos el gato montés *Lynx rufus*, el zorrillo *Mephitis macroura,* el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* y el conejo *Sylvilagus* spp. Endemismos del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) zempoalensis*; de peces *Cichlasoma istlanum, Girardinichthys multiradiatus, Hybopsis boucardi, Ictalurus balsanus, Ilyodon whitei, Poeciliopsis balsas;* del anfibio ajolote *Ambystoma zempoalensis;* de aves la matraca barrada *Campylorhynchus megalopterus*, el chip rojo *Ergaticus ruber*, el trepador gorjiblanco *Lepidocolaptes leucogaster*, el gorrión serrano cachetioscuro *Oriturus superciliosus*, el carpintero volcanero *Picoides stricklandi*, el gorrión serrano *Xenospiza baileyi;* de mamíferos el ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni* y el teporingo *Romerolagus diazi*. Todas estas especies se encuentran amenazadas y son indicadoras de alteraciones en el hábitat junto con el gavilán pechirrufo mayor *Accipiter cooperii*, el gran búho cornado *Bubo virginianus* y la codorniz arlequín *Cyrtonix montezumae.*
Aspectos económicos: industria, acuicultura, agricultura, ganadería y turismo. Pesquería de crustáceos *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* y *Macrobrachium rosembergii.*
Problemática:

Modificación del entorno: desecación, deforestación, fragmentación del hábitat, construcción de carreteras, crecimiento poblacional, erosión, abatimiento de manantiales, pastoreo y quema.

Contaminación: por agroquímicos, descargas de ingenios, industrias y aguas residuales.

Uso de recursos: especies introducidas de carpa *Cyprinus carpio*, mojarra azul *Lepomis macrochirus*, tilapia azul *Oreochromis aureus*, el guppy *Poecialia reticulacta* y del crustáceo *Macrobrachium rosembergii.* Agua para uso agrícola, urbano e industrial. Uso de suelo agrícola, industrial y recreativo (balnearios).

Conservación: preocupa la reducción y fragmentación de hábitats y la introducción de especies exóticas. Es una zona transicional de las regiones Neártica y Neotropical con una gran riqueza florística y faunística. Representa un área importante para el valle de Cuernavaca debido a su gran permeabilidad edáfica, en donde se recargan los mantos acuíferos que surten al valle. Comprende el Parque Nacional Lagunas de Zempoala y el Corredor Biológico Ajusco - Chichinautzin.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma del Estado de México; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; Instituto de Biología, UNAM; Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco; Instituto Nacional de Ecología.

68. REMANENTES DEL COMPLEJO LACUSTRE DE LA CUENCA DE MÉXICO

Estado(s): D.F. y Edo. de México **Extensión:** 2 019.92 km^2
Polígono: Latitud 19°54'00" - 19°04'48" N
Longitud 99°08'24" - 98°45'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: canales y lagos relictos de Xochimilco y Chalco, lagos de Texcoco y Zumpango, vasos reguladores y de recreación.

lóticos: ríos Magdalena, San Buenaventura, San Gregorio, Santiago, Texcoco y Ameca, arroyo San Borja. Aguas subterráneas del sistema acuífero del Valle de México.

Limnología básica: gasto del acuífero de 45 m^3/s (1996).
Geología/edafología: los suelos en la cuenca del Valle de Mèxico son ricos en materia orgánica y nutrientes tipo Feozem.
Características varias: clima templado subhúmedo y semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual 2-12°C. Precipitación total anual 1 200-2 000 mm.

Principales poblados: zona metropolitana Cd. De México, Zumpango de Ocampo, Texcoco de Mora, Xochimilco, Tláhuac, Cd. Netzahualcoyotl, Chalco. Esta región está delimitada al Sur: Xochimilco, Tláhuac, Chalco. Este: Texcoco y Chiconautla. Oeste: Cd. de México. Norte: Coyotepec, Tizayuca, Los Reyes.

Actividad económica principal: 45% de la industria nacional y agricultura intensiva.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: hay lagos, presas, ríos y arroyos (muy alterados, en proceso de desaparición o remanentes). Vegetación acuática: *Potamogeton* spp., *Myriophyllum* spp., *Utricularia* spp., *Isoetes* spp. Fauna característica: de insectos *Nymphoides fallax,* coleópteros y dípteros (Hidrophilidae, Chironomidae, Sirfidae, Ephydridae); de crustáceos, existen nuevos registros para cladóceros y copépodos así como un nuevo género de cladócero para esta cuenca; de peces *Chirostoma humboldtianum, Girardinichthys multiradiatus, G. viviparus;* de anfibios *Ambystoma altamirani, A. mexicanum, A. rivularis, A. velasco* (posible extinción) y *Rana tlaloci* (posible extinción). En el lago de Texcoco la diversidad de aves registradas es de 134, de las cuales 74 son de ambientes acuáticos. Las aves que se reproducen son las garcetas *Anas acuta, A. americana*, de color café *Anas cyanoptera*, las garcetas de alas azules *Anas discors*, el pato mexicano *Anas platyrhynchos? diazi, Asio flammeus, Buteo jamaicensis, Calidris bairdii, C. minutilla, Circus cyaneus, Falco peregrinus*, el pato tepallate *Oxyura jamaicensis, Parabuteo unicinctus, Phalaropus tricolor*. La Ciénega de Tláhuac las aves características son *Agelaius phoeniceus, Anas acuta, A. americana, A. clypeata, A. cyanoptera, A. discors, Bubulcus ibis, Calidris bairdii, Egretta alba, E. tricolor, E. thula, Limnodromus scolopaceus, Oxyura jamaicensis, Plegadis chihi*. Endemismos de las plantas *Nymphaea gracilis* y *Salix bonplandiana;* sin embargo en la actualidad el endemismo es bajo debido a la fuerte alteración de los ecosistemas. La mayoría de estas especies se encuentran amenazadas por pérdida de hábitat, introducción de especies exóticas, sobrexplotación de los recursos hídricos y contaminación por materia orgánica e industrial.

Aspectos económicos: pesquería del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae*, charales, acociles y carpas; agricultura intensiva e industria. Abasto de agua a la Cd. de México.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, denudación y erosión de suelos, desecación de lagos, pérdida de hábitats terrestres y acuáticos, sobrexplotación y agotamiento de acuíferos y cambios en el patrón hidrológico. Crecimiento urbano sin planificación.

Contaminación: por influencia de la zona urbana-industrial: metales pesados, nitratos y materia orgánica. Hay 5 sitios de confinamiento de desechos sólidos y sitios clandestinos. Entre 50 y 55 m^3/s de aguas residuales domésticas e industriales son exportadas sin tratamiento fuera de la cuenca. Los ríos Tula, Moctezuma y Pánuco reciben aguas residuales y urbanas altamente contaminadas. También existe contaminación por fertilizantes, biocidas, bacterias coliformes totales y coliformes fecales.

Uso de recursos: especies terrestres y acuáticas amenazadas. Especies introducidas de carpa común *Cyprinus carpio*, charal prieto *Chirostoma attenuatum*, tilapias azul *Oreochromis aureus* y negra *O. mossambicus*, espada de Valles *Xiphophorus variatus*. Se extraen aproximadamente 45 m^3/s del sistema acuífero del Valle de México causando hundimientos del terreno. Para complementar el abasto se extrae y bombea agua de los ríos Lerma y Cutzmala, afectando cuencas externas.

Conservación: gran parte de los endemismos han desaparecido, así que se recomienda censar y conservar a los que aún existen. Hay conocimiento de los cuerpos de agua superficiales; el aspecto de aguas subterráneas requiere de mayores estudios en cuanto a su funcionamiento y en cuanto a las extracciones de acuíferos se hacen a pesar de las consecuencias. Existe información gubernamental no disponible para el público. Los sistemas naturales están desarticulados aunque quedan microambientes relictos y en algunos vasos reguladores se conservan especies de aves migratorias.

Grupos e instituciones: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Biología, Instituto de Ecología, Instituto de Ingeniería, Fac. Ciencias, Instituto de Geofísica, UNAM; Universidad Autónoma Metrpolitana - Iztapalapa y Xochimilco; Comisión Nacional del Agua, Lab. San Bernabé, Semarnap; Departamento del Distrito Federal, Lab. Central de la DGCOH; Instituto Politécnico Nacional.

69. LLANOS DE APAN

Estado(s): Hidalgo y Tlaxcala — **Extensión:** 2 184.83 km^2

Polígono: Latitud 20°04'48" - 19°27'00" N

Longitud 98°38'24" - 98°12'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos-cráter de Apan, Jalene, Atoche, Tecocomulco y San Antonio de Atocha.

lóticos: ríos San Miguel, Tecocomulco y Papalote, arroyos Columpio y Tízar.

Limnología básica: área: 4.5 ha aproximadamente.

Geología/edafología: suelos tipo Regosol, Feozem y Cambisol.

Características varias: clima templado subhúmedo y semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual 12-14°C. Precipitación total anual 600-700 mm.

Principales poblados: Apan, Cd. Sahagún, Tepeapulco, Calpulalpan.

Actividad económica principal: industrial y agrícola.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino, de encino, de pino-encino, matorral crasicaule, nopalera y pastizal inducido; comunidades de macrofitas. Ictiofauna característica de *Girardinichthys viviparus* y *Heterandria jonesi,* las cuales se encuentran amenazadas junto con las aves *Anas acuta, A. americana, A. discors, A. fulvigula, Aythya affinis, Buteo jamaicensis, Circus cyaneus.*

Aspectos económicos: industria pesada (siderurgia, maquinaria, equipo y material de transporte). Pesquerías del charale *Chirostoma jordani*, de la carpa *Cyprinus carpio* y del pez espada de Valles *Xiphophorus variatus.*

Problemática:

Modificación del entorno: lagos del eje neovolcánico muy afectados por urbanización, agricultura e industria.

Contaminación: urbana e industrial.

Uso de recursos: especies introducidas de carpa *Cyprinus carpio* y *Xiphophorus variatus.*

Conservación: a pesar de ser pequeños, los lagos cráter son importantes por las aguas subterráneas y el conocimiento de los mantos freáticos. La biodiversidad acuática es desconocida pero debe tener fauna íctica característica. La zona no ha sido evaluada.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Hidalgo.

70. CUENCA ORIENTAL

Estado(s): Puebla, Tlaxcala y Veracruz **Extensión:** 4 958.60 km^2

Polígono: Latitud 19°42'00" - 18°57'00" N

Longitud 98°02'24" - 97°09'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos Totolango, Alchichica, San Luis Atexcac, La Preciosa, Aljojuca, San Miguel Tecuitlapa, Quechulac, Totolcinco y Ovando, pantanos de Tepeyahualco y presas.

lóticos: ríos permanentes e intermitentes La Caldera, Xonecuila, Quetzalapa, Piedra Grande, arroyos temporales, manantiales El Carmen, Vicencio, Ojo de Agua, Lara Grajales. Gran cantidad de aguas subterráneas.

Limnología básica: salinidades: 1.2-14 gr/l; pH=8-9; O_2=0-6.5 mg/l; temperatura anual promedio entre 12.8-14.4°C; precipitación anual promedio entre 425-656 mm; conductividad menor de 1 000 µmhos/cm a 20°C; El análisis del agua de los lagos señala una elevada concentración de aniones y cationes, lo que permite devidirlos en dos grupos: los salinos formado por los lagos de Alchichica y Atexcac y los diluidos formado por los lagos restantes. De manera general se puede definir al agua de los lagos como alcalina, con alta concentración de cloruros y bicarbonatos de sodio y de magnesio. El sedimento de todos los lagos es de textura arenosa y baja concentración de nutrientes. Se les considera lagos quimiomícticos y polimícticos. Estos cuerpos de agua corresponden con diastremas o maars y se les incluye dentro del tipo 11 de la clasificación de Hutchinson (1975). En la actualidad los lagos de Tepeyahualco y Totolcingo son lagos terminales. Las características morfométricas de los principales lagos son las siguientes:

Lagos-cráter	*Área superficial* (km^2)	*Volumen* ($m^3 \times 10^6$)	*Profundidad máxima* (m)
Alchichica	1.81	69.9	64.6
La Preciosa	0.78	16.2	45.5
Quechulac	0.50	10.9	40.0
Aljojuca	0.44	11.6	50.6
Atexcac	0.29	6.1	39.1
Tecuitlapa	0.26	0.35	2.5

Geología/edafología: se trata de una cuenca endorreica, aproximadamente 4 982 km^2, localizada en el sureste del Altiplano mexicano; situada entre el Eje Neovolcánico y el sureste de la Sierra Madre Oriental. Comprende los llanos de San Juan y San Andrés. Predominan suelos con sustrato calizo tipo Rendzina además de Regosol, Litosol, Feozem, Andosol y Cambisol. Tiene contacto con zonas tropicales húmedas al este y templadas al norte y al oeste.
Características varias: clima templado subhúmedo y semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual 12-16°C. Precipitación total anual 400-800 mm. Elevación mayor que 2 300 msnm.

Principales poblados: El Carmen, Tlax., Perote, Ver. , Oriental, Pue.

Actividad económica principal: agricultura, ganadería e industria de la construcción (yesos).

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral xerófilo, bosques de pino (*Pinus*), de encino (*Quercus*), de pino-encino, matorral de coníferas (*Juniperus*), matorral con isotes (*Yucca*), vegetación halófila, pastizal natural; comunidades de peces, anfibios, invertebrados (hemípteros, crustáceos y anátidos). El lago de Alchichica presenta características ecológicas únicas con un alto grado de endemismos y fisiográficas particulares debido a la presencia de depósitos estromatolíticos producidos por intensa actividad biogénica. La intervención de las algas en esas formaciones es remarcable y las diferencias morfológicas aparentes están ligadas a la presencia de especies diferentes. Las especies dominantes que integran estos estromatolitos son nuevas para la ciencia y el principal razgo fisiográfico del lago es el estromatolito tipo esponjoso constituido por *Enthophysalis atrata*, *Enthophysalis* sp., *Calothrix* cf. *parletina* y *Calothrix* sp. y el estromatolito tipo columnar constituido por *Enthophysalis lithophyla* y *Nitzchia* sp. Sobre esta cama de estromatolitos, en partes profundas del lago se desarrolla una comunidad abundante de *Cladophora* con un alto grado de epifitismo de cianoprocariontes (también especies nuevas) *Chamaesiphon halophilus*, *Heteroleibleinia profunda*, *Mantellum rubrum* y *Xenococcus candelariae*. También se han encontrado en fitoplancton, 23 géneros agrupados en tres divisiones: crisofita con catorce géneros, cianofita con cinco y clorofita con cuatro. Las especies dominantes a lo largo del año son *Agmenellum* sp., *Amphora* sp., *Chaetoceros similis*, *Coscinodiscus* sp., *Cyclotella striata*, *Nodularia spumigena*, *Stephanodiscus niagarae* y *Synechocystis* sp. En cuanto a la flora acuática, las especies mejor representadas en los lagos cráter son los hidrófitos enraizados emergentes *Eleocharis montevidensis*, *Juncus andicola*, *J. mexicanus*, *Phragmites australis*, *Scirpus californicus* y *Typha domingensis*; los hidrófitos enraizados sumergidos *Cyperus laevigatus*, *Potamogeton pectinatus* y *Ruppia maritima* y el hidrófito libremente flotador *Lemna gibba*. La mayoría de estas especies son indicadoras de condiciones extremas caracterizadas por las altas concentraciones iónicas del agua y el pobre contenido de nutrientes. Endemismo del anfibio *Ambystoma subsalsum* y de peces como *Evarra bustamantei*, *E. eigenmanni*, *E. tlahuacensis*, *Poblana alchichica alchichica*, *P. alchichica squamata*, *Poblana ferdebueni*, *P. letholepis*. Estas especies junto con *Chirostoma* sp., y *Heterandria jonesi* se encuentran amenazados por desecación e introducción de especies exóticas y se caracterizan por presentar distribución restringida.
Aspectos económicos: las pesquerías de aterínidos (charales), ciprínidos, ajolotes, acociles y del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* han sido mermadas por problemas de desecamiento del lago Totolcingo. Agricultura de temporal y de riego, acuicultura y captación de agua. Recursos de energía geotérmica.
Problemática:

Modificación del entorno: vegetación original removida para agricultura, tala forestal, pastoreo, quema, construcción de carreteras, desecamiento y sobrexplotación de agua para uso urbano. Problemas de erosión hídrica y eólica, así como de salinización de los suelos y del agua.

Contaminación: por basura, detergentes y agroquímicos.

Uso de recursos: especies introducidas de carpas dorada *Carassius auratus* y común *Cyprinus carpio* y de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*.

Conservación: la región tiene un alto impacto debido a la agricultura y al pastoreo intenso, la explotación de acuíferos y el cultivo de peces exóticos.
Grupos e instituciones: Escuela Nacional de Estudios Profesionales – Iztacala, Facultad de Estudios Superiores - Zaragoza, Instituto de Geofísica, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

REGIÓN GOLFO DE MÉXICO

71. RÍO SAN FERNANDO

Estado(s): Tamaulipas **Extensión:** 4 540.55 km^2
Polígono: Latitud 24°59'24" - 23°57'00" N
Longitud 98°45'36" - 97°38'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lagos de la Nacha y La Piedra, estuarios, humedales.
lóticos: río San Fernando o Conchos, arroyos.
Limnología básica: área:15 640 km^2; escurrimiento virgen: 756 Mm^3; hay influencia salina; alta concentración de nutrientes.
Geología/edafología: zona de llanuras con suelos profundos y fértiles tipo Vertisol, Castañozem, Rendzina, Xerosol, Solonchak y Gleysol.
Características varias: clima semiseco muy cálido, semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año. Temperatura media anual de 22-24°C. Precipitación total anual de 600-700 mm.
Principales poblados: San Fernando, Méndez.
Actividad económica principal: industria, pesquera, agrícola y ganadera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral submontano, pastizal inducido, halófilo y cultivado, mezquital, vegetación halófila. Flora característica: *Acacia berlandierii, Cordia boissieri, Helieta parviflora, Quercus cambye, Q. opaca, Q. prinsel, Q. rysophylla.* Alta diversidad de crustáceos. Ictiofauna característica: *Cyprinodon bobmilleri, C. eximius, C. variegatus, Eleotris abacurus, Ictalurus punctatus, Ictiobus niger, I. bubalus, Poecilia mexicana, Pylodictis olivaris.* Especies amenazadas: de aves *Accipiter cooperii, A. striatus, Amazona oratrix, A. viridigenalis, Asio flammeus, Bubo virginianus, Buteo albicaudatus, B, jamaicensis, B. nitidus, Buteogallus anthracinus, Charadrius montanus, Falco femoralis, Glaucidium brasilianum,* el bolsero de Audubon *Icterus graduacauda, Myadestes townsendi, Otus asio, Regulus calendula, Strix occidentalis, S. virgata.* La cabecera de la cuenca está menos alterada y posiblemente la diversidad es alta. Constituye el límite norte de la región Neotropical; hacia la desembocadura hay un sistema lagunar estuarino asociado a laguna Madre el cual es límite de distribución del reptil *Siren intermedia.* Se presenta la colonia de anidación más importante de *Zenaida asiatica clara.*
Aspectos económicos: producción pesquera, industrial (empacadoras y maquiladoras), agrícola (sorgo, henequén, cártamo, cítricos y soya principalmente) y ganadera (ganado bovino y caprino). Existe el petróleo como recurso estratégico. El agua se usa para riego, abastecimiento a municipios y acuicultura. Minería (zinc, dolomita, cobre y plata).
Problemática:
Modificación del entorno: los suelos son salinos y se incrementa la salinización por riego intenso (amenaza potencial) y agotamiento del agua. Alteración en los cuerpos acuáticos por la presencia de *Hydrilla verticillata* (maleza acuática).
Contaminación: por aguas residuales, desechos sólidos y agroquímicos. Concentración media de DBO y DQO en las partes bajas.
Uso de recursos: especies introducidas de bagre e *Hydrilla verticillata.* Se pesca carpa, matalote, bagre, catán, lobina, lisa y rana. La zona estuarina es área de crianza de crustáceos y moluscos. Uso de suelo agrícola.
Conservación: necesidad de conservar y conocer la diversidad de la cabecera de la cuenca; vigilar el ma-

nejo del cultivo de cítricos por lixiviación de agroquímicos; control en la introducción de especies exóticas. Falta un inventario de especies nativas y estudios sobre la carga de nutrientes y problemas de eutroficación.
Grupos e instituciones: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM; Instituto de Ecología y Alimentos, UAT – Cd. Victoria; Instituto Tecnológico de Cd. Victoria; Universidad del Noreste - Tampico; Facultad de Biología, UANL.

72. RÍO TAMESÍ

Estado(s): Tamaulipas — Extensión: 15 735.2 km^2
Polígono: Latitud 23°57'36" - 22°12'36" N
Longitud 99°51'36" - 98°10'12" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lagos Tortugas, Altamira, de Chairel y de la Culebra, humedales, cenotes.
lóticos: ríos Tamesí, Sabinas, Mante y Guayalejo, arroyos de las Ánimas, Tantoán, Naranjo y Naranjal
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: comprende sierras plegadas y sierras complejas como las sierras Sta. Clara, los Nogales, Tamalave y Cucharas. Suelos tipo Rendzina, Cambisol, Vertisol y Litosol.
Características varias: clima cálido subhúmedo y semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 22-26°C. Precipitación total anual de 700-1 200 mm.
Principales poblados: Gómez Farías, Cd. Mante, Altamira, Jaumave.
Actividad económica principal: ingenios azucareros, agricultura de riego y de temporal, ganadería y termoeléctrica.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: tular-popal, manglar, palmar, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, bosques de pino-encino, mesófilo de montaña y de encino, pastizal inducido y cultivado. Muchas especies tropicales de plantas tienen en esta región su límite norte; existe además, una mezcla fascinante de especies neotropicales y boreales templadas. Flora característica: *Abutilon procerum, Acalypha tamaulipasensis, Brosimum alicastrum, Bursera simaruba, Carpinus caroliniana, Cedrela mexicana, Cercis canadensis* var. *mexicana, Clethra pringlei, Comarostaphylis sharpii, Croton niveus, Enterolobium cyclocarpum, Fagus mexicana, Leucaena pulverulenta, Liquidambar styraciflua, Louteridium tamaulipense, Macromeria alba, Magnolia tamaulipana, Mirandaceltis monoica, Omphalodes richardsonii, Ostrya virginiana, Phoebe tampicensis, Pinus patula, P. pseudostrobus, P. teocote, Podocarpus reichei, Quercus affinis, Q. crassifolia, Q. chrysophylla, Q. germana, Q. sartorii, Q. xalapensis* y *Verbesina richardsonii.* Ficoflora característica de las lagunas y cenotes: Clorophyta: *Cladophora* sp., *Closterium acerosum, C. ehrenbergii, Cosmarium cynthia, C. granatum, C. reniforme, C. trupinii, Pediastrum duplex* var. *duplex, P. tetras, Scenedesmus abundans, S. acuminatus, S. quadricauda, Spirogyra* spp.; Cyanophyta: *Anabaena* sp., *Chroococcus turgidus, Gomphosphaeria aponina, Merismopedia elegans, M. minima, Oscillatoria* spp., *Synechocystis aquatilis*; Euglenophyta: *Euglena spirogyra, Phacus curvicauda, Trachelomonas armata, T. hispida, T. volvocina;* Chromophyta: *Coscinodiscus* sp., *Cymbella* sp., *Fragilaria crotonensis, Fragilaria* sp., *Liomophora* sp., *Pinnularia gibba, Pinnularia* sp., *Synedra ulna, Surirella* sp. Ictiofauna característica *Agonostomus monticola, Awaous tajasica, Cyprinodon eximius, Eleotris abacurus, E. pisonis, Gambusia aurata, Gobionellus atripinnis, G. boleosoma, Heterandria jonesi, Ictalurus furcatus, I. punctatus, Ictiobus bubalus, Ophisternon aenigmaticum, Poecilia formosa, P. latipinna* (límite sur de distribución), *P. mexicana, Pylodictis olivaris, Xiphophorus montezumae, X. nezahualcoyotl.* Especies endémicas de crustáceos *Palaemonetes hobbsi, P. kadiakensis, P. mexicanus, Procambarus (Ortmannicus) acutus* y *Procambarus (Ortmannicus) acutus cuevachicae*; de peces *Cichlasoma pantostictum, Dionda erimyzonops, Notropis tropicus, Poecilia latipunctata.* Especies amenazadas de peces *Cyprinodon eximius, Poecilia latipunctata*; del reptil *Kinosternon herrerai;* de aves *Amazona oratrix, A. viridigenalis, Ara militaris, Aratinga holochlora, Buteo jamaicensis, B. magnirostris, Buteogallus urubitinga, Crax rubra, Penelope purpurascens, Rhynchopsitta terrisi*; de mamíferos el coyote *Canis latrans*, el jaguarundi *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, el gato montes *Lynx rufus*, la nutria *Lutra longicaudis annectens*, el jaguar *Panthera onca*, la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*, el oso negro *Ursus americanus*, otros mamíferos de menor talla como el

cacomixtle *Bassariscus astutus*, el tlacuache *Didelphis virginiana*, el cabeza de viejo *Eira barbara*, la comadreja *Mustela frenata*, el coatí *Nasua narica nelsoni*, el mapache *Procyon lotor*, los zorrillos *Conepatus leuconotus, Mephitis macroura* y *Spilogale putorius*, los roedores *Cryptotis mexicana, Orthogeomys hispidus, Peromyscus ochraventer* y *Reithrodontomys megalotis*. La planta *Acrostichum* sp. es indicadora de alteración.
Aspectos económicos: actividad industrial, agropecuaria, pesquera y de transporte. Hay pesca deportiva. Uso del agua para riego, acuicultura y abastecimiento urbano e industrial. Pesca del crustáceo *Macrobrachium acanthurus*.
Problemática: violación de vedas pesqueras y tallas mínimas; extracción excesiva de agua.

Modificación del entorno: tala no planeada, extracción de agua, desecación, deforestación, formación de canales, construcción de caminos.

Contaminación: por agroquímicos, aguas residuales domésticas e industriales, descargas termales y salobres.

Uso de recursos: Nutrias, sábalos y crustáceos en riesgo. Especies introducidas de plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* e *Hydrilla verticillata* ampliamente distribuidas y de la tilapia *Oreochromis mossambicus*. Se han registrado florecimientos de organismos zooplanctónicos.
Conservación: preocupa la degradación del sistema como parte de la Reserva de la Biosfera El Cielo, para lo cual deben ejecutarse planes de manejo; la desecación y sobrexplotación en humedales debe detenerse pues soporta a varias comunidades ademas de ser una fuente de abastecimiento de recursos alimenticios. No hay un estudio continuo e integral de la zona; no se da un seguimiento de la información que se adquiere, ni existen apoyos para integrar la información existente entre instituciones, dependencias y ONG. Faltan inventarios de flora y fauna acuática y terrestre.
Grupos e instituciones: Universidad del Noreste; Comisión Nacional del Agua, Semarnap; UAT, Instituto de Ecología y Alimentos, UAT – Cd. Victoria; Instituto Tecnológico de Cd. Victoria; Instituto de Biología, UNAM.

73. CENOTES DE ALDAMA

Estado(s): Tamaulipas **Extensión:** 5 014.28 km²
Polígono: Latitud 23°22'48" - 22°16'48" N
Longitud 98°26'24" - 97°45'36" W

Recursos hídricos principales
léniticos: cenotes, lagos, reservorios.
lóticos: río el Tigre y arroyos.
Limnología básica: Aguas subterráneas hidrotermales sulfurosas.
Geología/edafología: suelos salinos tipo Feozem y Vertisol. Minerales de kalenita y montmorillonita.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 22-26°C. Precipitación total anual de 800-1 200 mm.

Principales poblados: Aldama.

Actividad económica principal: ganadería y agricultura.

Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja caducifolia, matorral espinoso, encinar tropical y pastizal cultivado. Por la integridad del ecosistema, la biota de estos ambientes puede estar bien representada. Endemismo del crustáceo *Procambarus (Ortmannicus) acutus cuevachicae* y del pez *Prietella lundbergi*. Especies amenazadas de tortugas y ranas; de aves *Amazona oratrix* y *A. viridigenalis*.
Aspectos económicos: acuicultura, actividad ganadera y agrícola, servicios de abastecimiento de agua y riego; industria (empacadoras y rastro).
Problemática:

Modificación del entorno: formación de canales, desecación y modificación de la vegetación para agricultura.

Contaminación: por agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales.

Uso de recursos: uso de suelo agropecuario en la planicie y para acuicultura.
Conservación: preocupa el incremento de la actividad turística (buceo); se desconoce el sistema de mane-

ra integral, pero por su poca alteración conviene conservarlo. Faltan estudios en el área, listas de especies y estudios ecológicos.
Grupos e instituciones: Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad del Noreste Instituto de Ecología y Alimentos, UAT – Cd. Victoria; Comisión Nacional del Agua, Semarnap; Instituto de Biología, UNAM.

74. LAGO DE LA MEDIA LUNA

Estado(s): San Luis Potosí | Extensión: 1 293.51 km^2
Polígono: Latitud 22°12'36" - 21°46'48" N
Longitud 100°17'24" - 99°43'12" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lago de La Media Luna.
lóticos: río Verde, arroyos, canales para riego.
Limnología básica: aguas subterráneas importantes que alimentan a los lagos por medios freáticos y manantiales sin contaminación.
Geología/**edafología:** Se caracteriza por presentar rocas sedimentarias; suelos con sustrato calizo tipo Rendzina, Vertisol, Fluvisol, Feozem, Xerosol y Litosol.
Características varias: clima semiseco semicálido con lluvias en verano. Temperatura media anual de 20-22°C. Precipitación total anual de 500-700 mm.
Principales poblados: El Refugio, Río Verde.
Actividad económica principal: agricultura de riego y de temporal, ganadería moderada y ecoturismo
Indicadores de calidad de agua: oligotrófico.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral submontano, mezquital, matorral desértico micrófilo, comunidades de hidrófitas, algas litorales litofíticas, perifiton. Ictiofauna característica: *Ataeniobius toweri, Dionda dichroma, Gambusia regani, Poecilia latipunctata, P. mexicana.* Endemismo de crustáceos *Palaemonetes lindsayi, Procambarus (ortmannicus) xilitlae, Procambarus (Pennides) robertii;* de peces *Cichlasoma bartoni, C. labridens, Cichlasoma* sp., *C. steindachneri, Cualac tessellatus, Dionda mandibularis, Ictalurus mexicanus.* Todas estas especies amenazadas por presión antropogénica y por especies introducidas, especialmente los crustáceos y peces endémicos.
Aspectos **económicos:** pesquería de langostinos. Área poco desarrollada con actividades agrícolas de baja intensidad; riego de importancia local a nivel regional y ecoturismo en la laguna, sitio muy visitado como balneario y para bucear.
Problemática:
Modificación del entorno: turismo excesivo, utilización de la laguna como balneario, sobrepastoreo.
Contaminación: por basura, agroquímicos y fertilizantes.
Uso de recursos: especies introducidas de tilapia.
Conservación: se requiere de un control de la destrucción física del hábitat por uso turístico, así como del monitoreo de los aportes de agroquímicos y fertilizantes de los alrededores. Faltan monitoreos de la calidad del agua e inventarios faunísticos (invertebrados) y florísticos (plantas y algas).
Grupos e instituciones: Universidad del Noreste - Tampico.

75. CONFLUENCIA DE LAS HUASTECAS

Estado(s): Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro | Extensión: 27 404.85 km^2
Polígono: Latitud 22°16'48" - 20°19'48" N
Longitud 101°21'00" - 98°01'12" W

Recursos hídricos principales
lénticos: presa Zimapán, lagos Meztitlán y Molango.
lóticos: ríos Santa María, Bagres, Jalpan, de las Albercas, Naranjo, Mesillas, Tamuín o Pánuco, Gran-

de de Meztitlán, San Pedro, Gallinas, Tampaón, Choy, Moctezuma, Ojo Frío, Tempoal o Calabazo, Tulancingo, Hondo, Amajac, del Hule, Axtla y Matlapa, arroyos, manantiales, cascadas, aguas hidrotermales.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: rodeado por las sierras Alaquines, Jalpan, Tanchipa, Huayacocotla, Zimapán, los Mármoles y Pachuca. Zona característica por su origen kárstico y su inaccesibilidad; existe una gran variedad de suelos tipo Regosol, Vertisol, Litosol, Rendzina y Cambisol.
Características varias: clima semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, templado subhúmedo y cálido subhúmedo con lluvias en verano y principios de otoño. Temperatura media anual de 12-26°C. Precipitación total anual de 700-3 000 mm.

Principales poblados: Cd. Valles, Zimapán, Tamazunchale, Huejutla, Chicaltepec, Tlanchinol, Jacala, Meztitlan, Molango.

Actividad económica principal: cultivo de cítricos, caña de azúcar, café, ganadería, agricultura de subsistencia, de temporal y de riego, silvicultura.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de pino, de encino, mesófilo de montaña, selva alta y mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, pastizal cultivado, inducido y natural, comunidades algales (litorales epilíticos), vegetación riparia. Alta diversidad de hábitats: lagos, reservorios, ríos, arroyos, cavernas y ríos subterráneos; así como de invertebrados, anfibios, algas y plantas vasculares. Flora característica: *Acacia farnesiana, Adiantum tricholepsis, Bromelia pinguin, Brosimum alicastrum, Bursera simaruba, Chamaedorea radicalis, Croton ciliatoglandulifer, C. niveus, Guazuma ulmifolia, Karwinskia humboldtiana, Lantana camara, Lysiloma divaricata, L. microphylla, Mirandaceltis monoica, Quercus oleoides, Sabal mexicana, Setaria geniculata, Wimmeria concolor, Zanthoxylum fagara*. Fauna característica: de peces *Algansea tincella, Astyanax jordani, A. mexicanus, Ataeniobius toweri, Awaous tajasica, Cichlasoma steindachneri, Cyprinella lutrensis, Dorosoma petenense, Eleotris abacurus, E. pisonis, Fundulus grandis, Gambusia affinis, G. panuco, G. rachowi, G. regani, G. vittata, Gobionellus atripinnis, G. boleosoma, Heterandria bimaculata, H. jonesi, Ictalurus australis, I. furcatus, I. punctatus, Ictiobus bubalus, I. labiosus, Ophisternon aenigmaticum, Poecilia formosa, P. latipinna, P. mexicana, Poeciliopsis gracilis, Pylodictis olivaris, Xenoophorus captivus, Xenotoca variata, Xiphophorus birchmanni, X. continens, X. cortezi, X. malinche, X. montezumae, X. multilineatus, X. nezahualcoyotl, X. nigrensis, X. pygmaeus, X. variatus*; de aves el loro de frente roja *Amazona autumnalis, A. viridigenalis*, el cuervito mexicano *Corvus imparatus, Crax rubra, Dendrortyx barbatus, Penelope purpurascens*; de mamíferos *Chaetodipus lineatus, Dipodomys nelsoni, Neotoma goldmani, Odocoileus virginianus, Peromyscus furvus, P. melanophrys, Corynorhinus mexicanus, Rhogeessa alleni, Sciurus alleni, Sylvilagus floridanus, Pecari tajacu*. Especies endémicas de crustáceos *Palaemonetes mexicanus, Procambarus (Ortmannicus) acutus cuevachicae, Procambarus (Ortmannicus) ortmanii, Procambarus (Ortmannicus) villalobosi, Procambarus (Ortmannicus) xilitlae, Procambarus (Scapullicambarus) strenthi, Troglomexicanus huastecae, T. perezfarfantae y T. Tamaulipenses*; de peces *Cichlasoma bartoni, C. cyanoguttatum, C. labridens, Cualac tessellatus, Dionda catostomops, D. dichroma, D. erimyzonops, D. ipni, D. mandibularis, D. rasconis, Heterandria* sp., *Ictalurus mexicanus, Notropis calientis, N. sallei, N. tropicus, Poecilia latipunctata*; de aves *Atlapetes pileatus, Atthis heloisa, Campylorhynchus gularis, Corvus imparatus, Dendrortyx barbatus, Melanotis caerulescens, Rhodothraupis celaeno*. Especies amenazadas: de plantas *Beaucarnea inermis, Brahea dulcis, Ceratozamia kuesteriana, Chamaedorea radicalis, Cupressus benthamii, Dion edule, Diospyros riojae, Encyclia mariae, E. cochleata, Harpalyce arborescens, Isochilus unilateralis, Lycaste aromatica, Stanhopea tigrina, Taxus globosa, Tillandsia ionantha* y *Zamia fischeri*; de peces *Ataeniobius toweri, Cyprinodon eximius, Dionda dichroma, Gambusia affinis, Goodea gracilis, Ictalurus australis, I. mexicanus*; de reptiles víbora de cascabel *Crotalus molossus*; de aves el loro de cabeza roja *Amazona viridigenalis*, la guacamaya verde *Ara militaris*, la garza morena *Ardea herodias, Aulacorhynchus prasinus, Crax rubra, Dactylortyx thoracicus, Dendrortyx barbatus, Penelope purpurascens, Pionus senilis*; de mamíferos los murciélagos *Choeronycteris mexicana* y *Leptonycteris curasoae yerbabuenae*, la musaraña *Cryptotis mexicana*, la tusa *Dipodomys phillipsii*, el yaguarundi *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, el metoro *Microtus quasiater*, el jaguar *Panthera onca*, el puma *Puma concolor*, la ardilla *Sciurus oculatus*. Especies indicadoras: El alga cianofita *Nostoc mucorum* indicadora de altas concentraciones de manganeso, los hílidos indicadores de calidad del agua. En S.L.P. la influencia de aguas termales se refleja en la presencia de algas indicadoras de aguas limpias *Dichotomosyphon tuberosum* (cianofita) y la especie endémica *Basicladia* sp. Se ha encontrado *Cladophora sterrocladia* como único reporte

para América. Último sitio de anidación y refugio de la única colonia remanente de guacamayas verdes *Ara militaris* en el estado de Querétaro.
Aspectos económicos: actividad cementera y minera (gran extracción y yacimientos de manganeso), ganadera (ganado ovino, bovino, porcino y caprino), silvicultura (pino, oyamel y encino) y turística. Pesquería de crustáceos *Cambarellus (Cambarellus) montezumae, Macrobrachium acanthurus* y *M. carcinus*.
Problemática:

Modificación del entorno: las zonas bien conservadas son de difícil acceso. Hay tala inmoderada y sobrexplotación del manto freático por la fábrica de refrescos Pepsi.

Contaminación: por manganeso, mercurio, coliformes, derivados del beneficio del café (alta DBO).

Uso de recursos: hay sobrexplotación de acuíferos que limitan la recarga de mantos freáticos para el abastecimiento de agua industrial, urbana y presas. Algunos manejos inadecuados por parte de ingenios azucareros. Reforestación con especies exóticas de *Eucalyptus* spp. Cacería furtiva. Actividades asociadas a la minería y yacimientos de petroleros.

Conservación: se requiere controlar al ecoturismo y a la embotelladora Pepsi. Se recomienda la conservación de las zonas que todavía no han sido alteradas. Falta conocimiento limnológico y concretar las prioridades y necesidades de la zona. Comprende la Reserva de la Biosfera Sierra de Abra Tanchipa y el Parque Nacional Sierra de los Mármoles.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de San Luis Potosí; Universidad del Noreste; Fac. de Ciencias, UNAM.

76. RÍO TECOLUTLA

Estado(s): Veracruz y Puebla — Extensión: 7 950.05 km^2
Polígono: Latitud 20°28'48" - 19°27'36" N
Longitud 98°14'24" - 96°57'00" W

Recursos hídricos principales

léndicos: presa Necaxa, estuario, laguna costera, marismas.

lóticos: ríos Tecolutla, Necaxa, Laxaxalpa, Apulco y Tejocotal, arroyos.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: Rodeada por las sierras de Huachinango al este y Zacapoaxtla al sur; suelos pobres, poco profundos con pendientes pronunciadas tipo Regosol, Luvisol, Feozem, Vertisol y Cambisol.
Características varias: clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano y todo el año en la parte alta de la cuenca; cálido húmedo y subhúmedo con abundantes lluvias en verano y todo el año en la cuenca baja. Temperatura media anual de 14-26°C. Precipitación total anual de 1 200 hasta más de 4 000 mm; evaporación de 1 064-1 420 mm.

Principales poblados: Cuetzalan, Zacapoaxtla, Zapotitlán, Huauchinango, Tajín, Tecuantepec, El Espinal, Papantla, Gutiérrez Zamora, Tecolutla, Cazones, Coatzintla, Chumatlán, Poza Rica.

Actividad económica principal: agricultura, ganadería, pesca y turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de pino, de encino, bosque mesófilo de montaña en la cuenca alta; selva mediana subperennifolia, sabana, manglar, vegetación halófila y palmar en la cuenca baja. Alta diversidad de hábitats terrestres y acuáticos, con diferentes grados de degradación a lo largo de la cuenca. Flora característica: *Brosimum alicastrum, Bursera simaruba, Cedrela odorata, Coccoloba barbadensis, Croton puntactus, Diphysa robinioides, Enterolobium cyclocarpum, Ipomoea imperati, Palafoxia lindenii, Panicum repens, Sesuvium portulacastrum, Sporobolus virginicus.* Fauna característica: de peces *Astyanax fasciatus, Cathorops aguadulce, Gambusia rachowi, Gobiomorus dormitor, Ictiobus bubalus*; de aves *Ajaia ajaja, Eudocimus albus, Casmerodius albus, Mycteria americana, Egretta thula.* Endemismo del pez *Heterandria* sp.; de crustáceos *Procambarus (Ortmannicus) gonopodocristatus, Procambarus (Ortmannicus) villalobosi, Procambarus (Paracambarus) ortmanii, Procambarus (Paracambarus) paradoxus, Procambarus (Villalobosus) cuetzalanae, Procambarus (Villalobosus) erichsoni, Procambarus (Villalobosus) hortonhobbsi, Procambarus (Villalobosus) xochitlanae y Procambarus (Villalobosus) zihuateutlensis.* Especies amenazadas: de peces *Gambusia affinis* e *Ictalurus australis*.

Aspectos económicos: pesquerías de ostión, peces y crustáceos *Macrobrachium acanthurus* y *M. carcinus*; actividad turística; agricultura de temporal y cultivos de vainilla, café, pimienta y cítricos. Presencia de recursos estratégicos como petróleo. Abastecimiento de agua para riego y uso urbano.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, modificación de la vegetación excepto en cañadas, ganadería extensiva, pérdida de suelos por deslave, desecación de ríos y mantos freáticos. Monocultivo de maíz y manejo inadecuado del suelo.

Contaminación: por agroquímicos que afectan el cultivo de la vainilla. Coliformes en las cuenca baja y media.

Uso de recursos: existen recursos gaseros, abastecimiento de agua y riego.

Conservación: preocupa la tala inmoderada en la cuenca alta y se requiere de un control de coliformes en la cuenca media y baja. Se considera uno de los ríos mejor conservados de Veracruz. Faltan conocimientos generales de la zona.

Grupos e instituciones: Universidad Veracruzana - Tuxpan; Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa; Instituto de Ecología A.C. – Xalapa; Fac. de Ciencias, UNAM.

77. RÍO LA ANTIGUA

Estado(s): Veracruz **Extensión:** 2 326.43 km^2

Polígono: Latitud 19°13'12" - 18°51'00" N
Longitud 97°16'12" - 95°55'12" W

Recursos hídricos principales

lénticos:

lóticos: ríos La Antigua, Jalcomulco y Sta. María.

Limnología básica: intrusión salina cerca de la costa.

Geología/edafología: suelos de tipo Feozem, Vertisol, Rendzina y Luvisol.

Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, cálido húmedo y semicálido húmedo con lluvias abundantes todo el año, templado húmedo y semifrío húmedo con lluvias todo el año. Temperatura media anual de 18-26°C. Precipitación total anual de 1 500-2 500 mm.

Principales poblados: Jalcomulco, La Antigua, Tuzampán, Xico, Teocelo.

Actividad económica principal: agrícola y ganadera.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosque de pino-encino, bosque mesófilo, selva baja caducifolia, vegetación riparia, pastizal inducido y cultivado. Cañadas con comunidades ecotonales bien conservadas y cuencas cortas que recorren diferentes pisos altitudinales en espacios pequeños; cuenca alta y baja degradada por deforestación y contaminación. Zona serrana con arroyos y manantiales. Flora característica: *Brosimum alicastrum, Bursera simaruba, Cedrela odorata, Coccoloba barbadensis, Croton puntactus, Diphysa robinioides, Enterolobium cyclocarpum, Ipomoea imperati, Palafoxia lindenii, Panicum repens, Sesuvium portulacastrum, Sporobolus virginicus.* Ictiofauna característica: *Astyanax fasciatus, Cathorops aguadulce, Ictiobus bubalus*. Endemismo del anfibio *Anotheca spinosa* y del pez *Heterandria* sp. Especies amenazadas: de peces *Gambusia affinis* y *Priapella bonita.* Ésta última y los hílidos en especial, se encuentran amenazadas por contaminación; son especies raras y se reproducen en cuerpos de agua limpia (indicadoras de integridad). Se conoce poco la biodiversidad de esta región.

Aspectos económicos: Pesquería de los langostinos *Macrobrachium acanthurus* y *M. carcinus*; cultivos de café y caña de azúcar y agricultura de temporal.

Problemática:

Modificación del entorno: zona alta y baja degradada por deforestación y contaminación. Actividades agrícolas inadecuadas en laderas.

Contaminación: por agroquímicos, residuos domésticos e industriales, desechos por beneficio del café.

Uso de recursos: El agua se usa para abastecimiento urbano y riego. Especie introducida de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* en la cuenca alta.

Conservación: se requiere conservación de las cañadas en la cuenca alta y media; conocer la diversidad de organismos acuáticos (flora y fauna); controlar la tala ilegal de pinos; controlar la contaminación del río por residuos domésticos e industriales. Faltan inventarios de especies nativas; estudios de las características fisicoquímicas del agua en las distintas zonas de la cuenca y balance hidrológico (gasto-extracción).
Grupos e instituciones: Instituto de Ecología A.C. - Xalapa; Fac. Biología. UV.

78. PRESA MIGUEL ALEMÁN - CERRO DE ORO

Estado(s): Oaxaca **Extensión:** 4 299.36 km^2
Polígono: Latitud 18°43'12" - 18°03'00" N
Longitud 97°04'48" - 96°14'24" W

Recursos hídricos principales
léniticos: Presas Cerro de Oro (Miguel de la Madrid Hurtado) y Temascal (Miguel Alemán).
lóticos: ríos Tonto, Usila, Petlapa y Sto. Domingo, arroyos de alta pendiente.
Limnología básica: Cerro de Oro: 22 000 ha y Temazcal: 47 800 ha; ambas con 13 380 Mm^3 (están unidas). En los últimos años las presas se han transformado de oligotróficas a eutróficas, con aumento en la liberación de nutrientes y estratificación térmica de sus aguas; temp. 24-30°C; oxígeno de fondo menos de 2 mg/l y de superficie hasta 10 mg/l; agua alcalina moderadamente dura, con predominio de bicarbonatos.
Geología/edafología: se encuentra rodeada por las sierras de Zongolica, de Juárez y Tuxtepec y la vertiente del Golfo. Pertenece a la cuenca del Papaloapan. Suelos tipo Vertisol, Feozem, Luvisol, Rendzina, Acrisol y Cambisol.
Características varias: clima cálido húmedo y semicálido húmedo con lluvias abundantes lluvias en verano y semicálido húmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 18-26°C. Precipitación total anual de 1 500-4 500 mm.
Principales poblados: Temazcal, Cd. Alemán, Tuxtepec, San Lucas Ojitlán.
Actividad económica principal: pesca, agricultura y recolección de barbasco.
Indicadores de calidad de agua: eutrófica.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta perennifolia y subperennifolia, selva mediana subperennifolia, bosque de pino-encino, de encino-pino, de pino, bosque mesófilo de montaña, acahuales, pastizal cultivado y vegetación riparia. Diversidad de hábitats: reservorios, humedales, ríos, pantanos. Comunidades de abundantes macrofitas acuáticas y helechos arborescentes. Fauna característica: de peces *Astyanax fasciatus, Belonesox belizanus, Cichlasoma salvini, Dorosoma anale, D. petenense, Gambusia yucatana, Heterandria bimaculata, Poecilia mexicana, P. sphenops, Poeciliopsis gracilis, Priapella bonita, Rhamdia guatemalensis;* de aves *Anhinga anhinga, Ardea alba, Charadrius vociferus, Dendrocygna autumnalis, D. bicolor, Egretta thula, E. caerulea, Podilymbus podiceps, Tachybaptus dominicus.* Endemismo de crustáceos *Alpheopsis stygicola* (habita en cuevas), *Disparithelphusa pecki, Neopalaemon nahuatlus, Procambarus (Austrocambarus) oaxacae, Pseudothelphusa granatensis* y *Stygothelphusa lopezbornienti*; de peces *Cichlasoma callolepis, C. fenestratum, C. nebuliferum, Notropis moralesi.* Especies amenazadas: de plantas la cícada *Dioon spinulosum* amenazada por explotación comercial; de aves *Anas acuta, A. americana, A. discors, Buteo magnirostris, B. nitidus, Crax rubra, Campylopterus curvipennis, Trogon violaceus, Basileuterus culicivorus, Hylorchilus sumichrasti.* Aumento en las poblaciones del pato buzo *Phalacrocorax brasilianus* debido a las condiciones creadas con el embalse.
Aspectos económicos: producción pesquera aproximada: 700 tons./año. Agricultura de subsistencia, principalmente maíz. Hay generación de energía eléctrica, control de avenidas y agua para riego en la cuenca baja del Papaloapan.
Problemática:

Modificación del entorno: El desmonte de la superficie circundante por actividad humana origina aportes de sedimentos hacia el vaso de las presas, azolvándolas. La acumulación y descomposición de la materia orgánica sumergida ha provocado la eutroficación del sistema y la consiguiente proliferación de macrofitas acuáticas e insectos dañinos para el hombre. Los ríos tributarios a las presas se caracterizan por su riqueza íctica, sin embargo, al ser represadas sus aguas, se han visto mermadas las poblaciones de peces debido al cambio de condiciones de lóticas a lénticas. Así, algunas especies de peces y crustáceos que tie-

nen hábitos reproductivos migratorios vieron afectado drásticamente su ciclo de vida al no poder franquear la cortina de la presa.

Contaminación: por basura, aguas residuales domésticas, fertilizantes y pesticidas, descargas termales por la hidroeléctrica.

Uso de recursos: ictiofauna nativa en riesgo (mojarra morro, bagre, jolote, tenguayaca). Importante producción de especies introducidas de tilapia y carpa. Explotación de 42 especies de peces, entre ellos el pepesca *Astyanax fasciatus*, el picudito *Belonesox belizanus*, las mojarras de San Domingo *Cichlasoma callolepis*, de la Lana *C. fenestratum*, del Papaloapan *C. nebuliferum*, de Santa Isabel *C. salvini*, paleta *C. synspilum*, del sureste *C. urophthalmus*, tenguayaca *Petenia splendida*, la carpa común *Cyprinus carpio*, las sardinas del Papaloapan *Dorosoma anale* y Maya *D. petenense*, el guayacon yucateco *Gambusia yucatana*, el guatopote manchado *Heterandria bimaculata*, la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, los topotes del Atlántico *Poecilia mexicana* y mexicano *P. sphenops*, el guatopote jarocho *Poeciliopsis gracilis*, el juil descolorido *Rhamdia guatemalensis*, camarones, jaibas, alacranes de agua y los crustáceos *Macrobrachium acanthochirus* y *M. acanthurus*. Violación de vedas y tallas mínimas. Agricultura de subsistencia en suelos poco aptos para su desarrollo. La tala e inundación del vaso significaron una pérdida en la variedad de especies forestales aprovechables que tienen valor de uso y valor de cambio para la cultura chinanteca, como de especies importantes para la caza y la recolección.

Conservación: se requiere evaluar la importancia de los reservorios como refugio de fauna silvestre, especialmente aves acuáticas; considerar la importancia de la producción de especies nativas vs. especies introducidas. No hay estudios recientes formales de las comunidades de invertebrados y plancton, ni del comportamiento hidrológico de los embalses y su influencia sobre la biota circundante y sus endemismos. Planeación de alternativas o directrices productivas pesqueras.

Grupos e instituciones: Universidad Veracruzana; Centro Interdisciplinario de Desarrollo Integral - Oaxaca; Delegación de Pesca, Semarnap.

79. HUMEDALES DEL PAPALOAPAN, SAN VICENTE Y SAN JUAN

Estado(s): Veracruz **Extensión**: 8 186.98 km^2

Polígono: Latitud 18°47'24' - 17°40'12" N
Longitud 96°07'48" - 95°05'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: laguna de Alvarado, Buen País y Camaronera.

lóticos: Sistema Papaloapan: ríos Papaloapan, San Juan Evangelista, San Vicente, San Agustín y Blanco.

Limnología básica: gasto de 39 175 Mm^3.

Geología/edafología: suelo profundo, rico en materia orgánica y muy fértil de tipo Vertisol y Feozem; en las áreas inundables un suelo alcalino Gleysol, Regosol y Cambisol.

Características varias: cálido subhúmedo con lluvias en verano y principios de otoño y cálido húmedo con lluvias todo el año. Temperatura media anual de 24-28°C. Precipitación total anual de 1 200-2 500 mm.

Principales poblados: Tlacotalpan, Cosamaloapan, San Nicolás, Carlos A. Carrillo, Amatitlán.

Actividad económica principal: ganadería, agricultura y pesca.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: sabana, manglar, popal, tular, palmar, selva baja perennifolia inundable, matorral espinoso inundable, vegetación acuática, pastizal cultivado y natural. Varias comunidades acuáticas de hidrófitas emergentes, palmares (palma de agua) y tasitales (palmar bajo inundable). Alta diversidad de hábitats acuáticos: ríos, meandros, humedales, lagunas y pantanos. Alta producción primaria y secundaria. Flora característica: manglares de *Avicennia germinans, Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle, Acacia farnesiana, A. sphaerocephala, Acoelorrhaphe wrightii, Acrocomia mexicana, Annona glabra, Brosimum alicastrum, Bursera simaruba, Calophyllum antillanum, Calyptranthes millspaughii, C. perlaevigata, Cephalanthus occidentalis, Maclura tinctoria, Chrysobalanus icaco, Coccoloba barbadensis, Dalbergia brownei, Diospyros digyna, D. verae-crucis, Ficus cotinifolia, F. padifolia, Gliricidia sepium, Lonchocarpus heptaphyllus, Nectandra coriacea, Pithecellobium dulce, Randia aculeata*. Fauna característica: de peces *Arius melanopus, Astyanax fas-*

ciatus, Atherinella sallei, Belonesox belizanus, Cathorops aguadulce, Centropomus parallelus, Cichlasoma aureum, C. nebuliferum, C. salvini, Dormitator maculatus, Dorosoma anale, Eleotris pisonis, Gambusia rachowi, Gobiomorus dormitor, Guavina guavina, Hyphessobrycon compressus, Ictalurus australis, Ictiobus bubalus, I. meridionalis, Ophisternon aenigmaticum, Rivulus tenuis, Sicydium gymnogaster, Strongylura hubbsi; de aves *Anas acuta, Busarellus nigricollis, Buteogallus anthracinus, B. urubitinga, Pelecanus erythrorhynchus, P. occidentalis, Rostrhamus sociabilis, Tyrannus forficatus, T. tyrannus, Zenaida asiatica clara*. Endemismo del crustáceo *Lobithelphusa mexicana;* de peces *Atherinella lisa, A. marvelae, A. sallei, Cichlasoma bulleri, C. ellioti, Heterandria* sp., *Notropis moralesi, Rivulus robustus* y de tortugas acuáticas. Especies amenazadas de peces *Agonostomus monticola, Priapella bonita*; de reptiles *Claudius angustatus, Dermatemys mawii, Kinosternon acutum* y *Staurotypus triporcatus* por pesca inmoderada; de aves *Cathartes burrovianus, Charadrius melodus, Falco peregrinus, Ixobrychus exilis, Rostrhamus sociabilis*. Especies indicadoras: *Dermatemys mawii* indicadora de aguas claras y *Mimosa pigra* de alteración.

Aspectos económicos: pesquerías de langostinos *Macrobrachium acanthurus, M. carcinus*; industria azucarera y papelera, producción de miel y agropecuaria. Recursos energéticos: petróleo.

Problemática:

Modificación del entorno: construcción de carreteras, relleno de áreas inundables y modificación de la vegetación por actividades agrícolas (cultivo de caña).

Contaminación: por actividad petrolera y desechos de la industria azucarera (ingenio San Cristóbal) y papelera, desechos industriales y urbanos.

Uso de recursos: violación de vedas y tallas mínimas. Uso de suelo agrícola y ganadero.

Conservación: se requiere tratar los efluentes de ingenios, vigilar las actividades agrícolas, sobre todo con respecto a la desecación de áreas inundables. Falta conocimiento de la diversidad en el área de humedales y ambientes lóticos.

Grupos e instituciones: Universidad Veracruzana; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Biología, Fac. de Ciencias, UNAM; Escuela Nacional de Estudios Profesionales - Iztacala; Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa; Instituto de Ecología, A.C. – Xalapa.

80. LOS TUXTLAS

Estado(s): Veracruz — Extensión: 3 484.34 km^2

Polígono: Latitud 18°42'36" - 18°03'00" N

Longitud 95°25'48" - 94°34'12" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos de Catemaco, La Escondida, El Zacatal, La Encantada, lagunas de Sontecomapa y del Ostión, lago cráter de San Martín.

lóticos: ríos Grande de San Andrés, de La Palma, Salto de Eyipantla, arroyos Agrio y Coyame y manantiales de aguas carbonatadas.

Limnología básica: El lago de Catemaco forma parte de la cuenca del río Papaloapan a una altitud de 333.5 msnm; se trata de un lago de forma casi cuadrangular con una superficie de 7 254 ha, un volumen de 551.52 Mm^3 y una profundidad máxima de 11 m y una media de 7.6 m; los sedimentos predominantes son las arcillas en la parte central del lago y los limos arcillosos y las arenas gravosas en la riberas; conductividad: 140-170 μmS cm^{-1}; pH = 8 a 9, lo que significa tasas elevadas de producción primaria o grandes aportes de carbonatos procedentes de los manantiales; temperatura promedio anual 24.1 °C en la superficie; presenta circulación constante, con oxígeno disuelto en toda la columna de agua y concentraciones bajas o moderadas de bióxido de carbono en el fondo; las aguas son de tipo bicarbonatado, moderadas en calcio y relativamente ricas en magnesio; los cloruros son elevados (10 a 13 mg/l); las aguas se clasifican como blandas, los contenidos de amonio, nitritos y nitratos son reducidos y los fosfatos altos, que lo convierten en un ambiente eutrófico; la penetración de luz varía entre 0.53 y 2 m de profundidad. Presenta una isla Agaltepec.

Geología/edafología: Volcán de San Martín Tuxtla, Sierra de los Tuxtlas y Sierra de Santa Marta; en las estribaciones de la Sierra de los Tuxtlas predominan los suelos lateríticos, ricos en arcilla Luvisol y Acrisol y en la

llanura costera predominan suelos profundos en materia orgánica y muy fértiles Vertisol, Feozem y Litosol. **Características varias:** clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano; cálido húmedo con lluvias todo el año y cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 18-26°C. Precipitación total anual 2 000-4 500 mm; de noviembre a enero vientos del norte y el resto del año los del noreste.

Principales poblados: Catemaco, San Andrés, Santiago, Sontecomapan, Pajapan.

Actividad económica principal: agropecuaria, pesquera, turística e industrial.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta y baja perennifolia, selva mediana (manchones), bosque mesófilo de montaña y de pino, pequeñas zonas inundables de sabana, pastizal inducido y cultivado, selva baja inundable, manglar, popal, tular, vegetación acuática y subacuática. Alta diversidad de hábitats: lagos, arroyos, cascadas, humedales, lagunas y ríos. Flora característica: destacan la gran diversidad de especies de las familias Orchidaceae y Asteraceae; manglares *Avicennia germinans, Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle, Acoelorrhaphe wrightii, Annona glabra, Calophyllum antillanum, Calyptranthes millspaughii, C. perlaevigata, Carpinus caroliniana, Cecropia obtusifolia, Cephalanthus occidentalis, Chrysobalanus icaco, Dalbergia brownei, Dialium guineense, Diospyros digyna, Ficus colubrinae, F. cotinifolia, F. insipida, F. obtusifolia, F. padifolia, Heliocarpus appendiculatus, Hibiscus tiliaceus, Liquidambar styraciflua, Lonchocarpus heptaphyllus, Maxillaria nagelii* (rara), *Nectandra* spp., *Pachira aquatica, Randia aculeata, Thrinax radiata*; de fitoplancton *Chrococcus* sp., *Lyngbya* sp., *Spirulina princeps.* Fauna característica: de copépodos *Diaptomus albuquerquensis, Eucyclops agilis, Halicyclops* sp., de peces *Atherinella ammophila, A. marvelae, Cichlasoma aureum, Heterandria bimaculata, Ophisternon aenigmaticum, Rhamdia guatemalensis, Rivulus tenuis*; de reptiles y anfibios la tortuga pochitoque negra *Kinosternon acutum,* la coralillo *Micrurus* sp., la serpiente mano de metate *Porthidium olmeca*; de aves *Agamia agami*, el rascador *Atlapetes brunneinucha apertus*, *Cairina moschata*, el colibrí *Campylopterus excellens*, la tangarita *Chlorospingus ophthalmicus*, *Claravis mondetoura, Crax rubra*, *Falco deiroleucus*, la paloma *Geotrygon carrikeri*, *Penelope purpurascens*; de mamíferos el armadillo *Dasypus novemcinctus*, el murciélago blanco *Diclidurus albus,* el ratón tlacuache *Marmosa mexicana*, el pecarí de labios blancos *Tayassu pecari.* Endemismos de las plantas *Alfaroa mexicana* y *Juglans olanchana*; de moluscos *Pomacea patula* y de la almeja nativa de agua dulce perteneciente a la familia *Unionidae;* de crustáceos *Lobithelphusa mexicana, Procambarus (Austrocambarus) vazquezae, Procambarus (Austrocambarus) zapoapensis, Pseudothelphusa parabelliana y Smalleyus tricristatus;* de peces el pepesca de Catemaco *Bramocharax (Catemaco) caballeroi,* las mojarras de la Lana *Cichlasoma fenestratum* y de Almoloya *C. regani,* la sardina *Dorosoma (Signalosa)* c.f. *mexicana*, el guatopote *Heterandria* n. sp., el topote de Catemaco *Poecilia catemaconis,* el guatopote blanco *Poeciliopsis catemaco,* el guayacón Olmeca *Priapella olmecae,* la espada de Catemaco *Xiphophorus milleri,* el cola larga *Xiphophorus* n. sp.; de aves *Campylopterus excellens* y *Geotrygon carrikeri.* Especies amenazadas: de plantas como *Bletia purpurea, Chamaedorea metallica, Chysis limminghei, C. bractescens, Cojoba guatemalensis, Dichaea graminoides, Encyclia baculus, Inga* sp., *Mormodes tuxtlensis, Talauma mexicana*; de reptiles y anfibios la nauyaca *Agkistrodon bilineatus taylori,* la boa *Boa constrictor,* la iguana *Iguana iguana* y la tortuga *Kinosternon acutum;* de aves como el loro de cabeza amarilla *Amazona oratrix*, la totolaca *Aramus guarauna*, la tucaneta *Aulacorhynchus prasinus*, la tórtola obscura *Claravis mondetoura*, la cotinga *Cotinga amabilis*, el hocofaisán *Crax rubra*, el halcón peregrino *Falco peregrinus*, el cholín cojilote *Penelope purpurascens*, el perico real *Pionopsitta haematotis*, el tucancillo collarejo *Pteroglossus torquatus*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus,* el águila ventriblanca *Spizaetus melanoleucus*, el águila elegante *S. ornatus*, el águila tirana *S. tyrannus*, la lechuza *Tyto alba*; de mamíferos como el mono aullador *Alouatta palliata*, el mono araña *Ateles geoffroyi*, el tlacuachillo dorado *Caluromys derbianus*, el grisón *Galictis vittata*, el jaguarundi *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, la nutria *Lutra longicaudis*, el jaguar *Panthera onca*, el mapache *Procyon lotor*, el oso hormiguero *Tamandua mexicana*, el tapir *Tapirus bairdii.* Todas estas especies, así como los reptiles dulceacuícolas, moluscos y crustáceos se encuentran amenazados por sobrexplotación y alteración de su hábitat. Especies indicadoras: la planta *Mimosa pigra* es indicadora de alteración, el alga *Cylindrospermopsis catemaco*, de distribución restringida, es indicadora de cambios en la concentración de nutrientes y las tortugas son indicadoras de aguas claras. Los estudios sobre plancton demostraron que en el zooplancton, los crustáceos dominan la comunidad durante todo el año y en el fitoplancton el 95% del total de los individuos analizados correspondieron a las cianofitas. Los datos preliminares de la estructura de la comunidad bentónica sugieren una baja diversidad, destacando los gusanos oligoquetos de los géneros *Lumbriculus* y *Tubifex*, seguidos por el molusco *Po-*

Indicadores de calidad de agua: oligotrófico a ultraoligotrófico.

Biodiversidad: tipo de vegetación: pastizal alpino dominado por gramíneas, líquenes y musgos con manchones de bosque de pino-encino, de pino, de oyamel y bosque tropical caducifolio; reservorios exclusivos de fito y zooplancton, típicos de lagos alpinos. En la flora estudiada se han reconocido 91 taxa en total, siendo las clorofitas las de mayor diversidad. Entre las familias más importantes destacan Zygnematacea, Oedogoniacea y Chaetomedia. De los 49 géneros, ocho son nuevos registros para México. La flora de El Sol presenta mayor afinidad de géneros con la andina que con la mexicana, pero a nivel de especies el parecido es mayor con la flora mexicana. En El Sol se observa la dominancia en el fitoplancton de los dinoflagelados *Peridinium lomnickii* y *P. willei* y de la crisofita *Dinobryum cilindricum alpinum*. La fauna de reptiles y mamíferos está constituida por lagartijas, pequeños roedores y periódicamente visitado por *Atlapetes virenticeps, Atthis heloisa, Campylorhynchus gularis, C. megalopterus, Catharus occidentalis*, el águila solitaria *Harpyhaliaetus solitarius, Lepidocolaptes leucogaster, Melanotis caerulescens, Toxostoma ocellatum* y *Vireo brevipennis*. Endemismo del crustáceo *Pseudothelphusa granatensis*. Dentro del grupo de los rotíferos están reportados 11 nuevas especies para México: *Aspelta lestes, Cephalodella tenuiseta, Dicranophorus forcipatus, Lecane inopinata, L. sulcata, Lepadella rhomboides, Notommata glyphura, Taphrocampa annulosa, Testudinella emarginula, Trichocerca bidens y T. collaris*.

Aspectos económicos: turismo, cultivo y pesca deportiva de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* introducida en los manantiales. Recarga de acuíferos procedente de los manantiales.

Problemática:

Modificación del entorno: tala inmoderada y deforestación, erosión, disminución de áreas de captación, fragmentación del hábitat, crecimiento poblacional, pastoreo, abatimiento de manantiales.

Contaminación: por basura.

Uso de recursos: especie introducida de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss*. Uso de suelo forestal y agrícola.

Conservación: Se sugiere control de la trucha introducida y definir su impacto sobre la comunidad. Debe controlarse la deforestación y la erosión del entorno. Falta conocimiento sobre biodiversidad y producción de lagos ácidos y alpinos en zonas tropicales. Considerado Parque Nacional.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma del Estado de México; Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco; Universidad Nacional Autónoma de México.

67. RÍO AMACUZAC - LAGUNAS DE ZEMPOALA

Estado(s): Morelos, Guerrero y Edo. de México — Extensión: 7 924.72 km^2

Polígono: Latitud 19°13'12" - 17°53'24" N
Longitud 99°42'36" - 98°37'48" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos Coatetelco, Miacatlán, Zempoala, Tequesquitengo, el Rodeo y manantiales de aguas termales.

lóticos: ríos Amacuzac, Tetecala, Tembembe, San Jerónimo, Tetlama o Yautepec, Jojutla, Chinameca o Cuautla y arroyos.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: sierra del Chichinautzin, Valle de Cuernavaca; predominan los suelos Feozem, que son obscuros, suaves y ricos en materia orgánica y nutrientes, además de Vertisoles, Castañozem, Andosoles y Rendzinas.

Características varias: clima templado subhúmedo, cálido subhúmedo y semicálido subhúmedo con lluvias en verano y principios de otoño. Temperatura media anual 8-26°C. Precipitación total anual 800-2 000 mm.

Principales poblados: Cuernavaca, Mazatepec, Tetecala, Jojutla, Zacatepec, Puente de Ixtla, Amacuzac, Coatetelco.

Actividad económica principal: comercio, agricultura de riego y de temporal, cultivo de frutales, ganadería y turismo.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipo de vegetación: bosques de pino-encino, de encino-pino, de oyamel, de tascate, selva baja caducifolia y pastizal inducido. Fauna característica: de peces *Astyanax fasciatus, Cichlasoma nigrofasciatum, Heterandria bimaculata, Poecilia sphenops, Poeciliopsis gracilis, Xiphophorus helleri;* de aves el colibrí de berilo *Amazilia beryllina, Atlapetes virenticeps, Atthis heloisa, Campylorhynchus gularis, Catharus occidentalis,* el halcón *Falco sparverius, Melanotis caerulescens,* el vencejo *Streptoprocne semicollaris, Toxostoma ocellatum;* de mamíferos el gato montés *Lynx rufus*, el zorrillo *Mephitis macroura,* el venado cola blanca *Odocoileus virginianus* y el conejo *Sylvilagus* spp. Endemismos del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) zempoalensis*; de peces *Cichlasoma istlanum, Girardinichthys multiradiatus, Hybopsis boucardi, Ictalurus balsanus, Ilyodon whitei, Poeciliopsis balsas;* del anfibio ajolote *Ambystoma zempoalensis;* de aves la matraca barrada *Campylorhynchus megalopterus*, el chip rojo *Ergaticus ruber*, el trepador gorjiblanco *Lepidocolaptes leucogaster*, el gorrión serrano cachetioscuro *Oriturus superciliosus*, el carpintero volcanero *Picoides stricklandi*, el gorrión serrano *Xenospiza baileyi;* de mamíferos el ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni* y el teporingo *Romerolagus diazi*. Todas estas especies se encuentran amenazadas y son indicadoras de alteraciones en el hábitat junto con el gavilán pechirrufo mayor *Accipiter cooperii*, el gran búho cornado *Bubo virginianus* y la codorniz arlequín *Cyrtonix montezumae*.
Aspectos económicos: industria, acuicultura, agricultura, ganadería y turismo. Pesquería de crustáceos *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* y *Macrobrachium rosembergii*.
Problemática:

Modificación del entorno: desecación, deforestación, fragmentación del hábitat, construcción de carreteras, crecimiento poblacional, erosión, abatimiento de manantiales, pastoreo y quema.

Contaminación: por agroquímicos, descargas de ingenios, industrias y aguas residuales.

Uso de recursos: especies introducidas de carpa *Cyprinus carpio*, mojarra azul *Lepomis macrochirus*, tilapia azul *Oreochromis aureus*, el guppy *Poecialia reticulacta* y del crustáceo *Macrobrachium rosembergii*. Agua para uso agrícola, urbano e industrial. Uso de suelo agrícola, industrial y recreativo (balnearios).
Conservación: preocupa la reducción y fragmentación de hábitats y la introducción de especies exóticas. Es una zona transicional de las regiones Neártica y Neotropical con una gran riqueza florística y faunística. Representa un área importante para el valle de Cuernavaca debido a su gran permeabilidad edáfica, en donde se recargan los mantos acuíferos que surten al valle. Comprende el Parque Nacional Lagunas de Zempoala y el Corredor Biológico Ajusco - Chichinautzin.
Grupos e instituciones: Universidad Autónoma del Estado de México; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; Instituto de Biología, UNAM; Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco; Instituto Nacional de Ecología.

68. REMANENTES DEL COMPLEJO LACUSTRE DE LA CUENCA DE MÉXICO

Estado(s): D.F. y Edo. de México **Extensión:** 2 019.92 km^2
Polígono: Latitud 19°54'00" - 19°04'48" N
Longitud 99°08'24" - 98°45'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: canales y lagos relictos de Xochimilco y Chalco, lagos de Texcoco y Zumpango, vasos reguladores y de recreación.

lóticos: ríos Magdalena, San Buenaventura, San Gregorio, Santiago, Texcoco y Ameca, arroyo San Borja. Aguas subterráneas del sistema acuífero del Valle de México.
Limnología básica: gasto del acuífero de 45 m^3/s (1996).
Geología/edafología: los suelos en la cuenca del Valle de Mèxico son ricos en materia orgánica y nutrientes tipo Feozem.
Características varias: clima templado subhúmedo y semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual 2-12°C. Precipitación total anual 1 200-2 000 mm.

Principales poblados: zona metropolitana Cd. De México, Zumpango de Ocampo, Texcoco de Mora, Xochimilco, Tláhuac, Cd. Netzahualcoyotl, Chalco. Esta región está delimitada al Sur: Xochimilco, Tláhuac, Chalco. Este: Texcoco y Chiconautla. Oeste: Cd. de México. Norte: Coyotepec, Tizayuca, Los Reyes.

Actividad económica principal: 45% de la industria nacional y agricultura intensiva.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: hay lagos, presas, ríos y arroyos (muy alterados, en proceso de desaparición o remanentes). Vegetación acuática: *Potamogeton* spp., *Myriophyllum* spp., *Utricularia* spp., *Isoetes* spp. Fauna característica: de insectos *Nymphoides fallax,* coleópteros y dípteros (Hidrophilidae, Chironomidae, Sirfidae, Ephydridae); de crustáceos, existen nuevos registros para cladóceros y copépodos así como un nuevo género de cladócero para esta cuenca; de peces *Chirostoma humboldtianum, Girardinichthys multiradiatus, G. viviparus;* de anfibios *Ambystoma altamirani, A. mexicanum, A. rivularis, A. velasco (*posible extinción) y *Rana tlaloci* (posible extinción). En el lago de Texcoco la diversidad de aves registradas es de 134, de las cuales 74 son de ambientes acuáticos. Las aves que se reproducen son las garcetas *Anas acuta, A. americana,* de color café *Anas cyanoptera,* las garcetas de alas azules *Anas discors,* el pato mexicano *Anas platyrhynchos? diazi, Asio flammeus, Buteo jamaicensis, Calidris bairdii, C. minutilla, Circus cyaneus, Falco peregrinus,* el pato tepallate *Oxyura jamaicensis, Parabuteo unicinctus, Phalaropus tricolor.* La Ciénega de Tláhuac las aves características son *Agelaius phoeniceus, Anas acuta, A. americana, A. clypeata, A. cyanoptera, A. discors, Bubulcus ibis, Calidris bairdii, Egretta alba, E. tricolor, E. thula, Limnodromus scolopaceus, Oxyura jamaicensis, Plegadis chihi.* Endemismos de las plantas *Nymphaea gracilis* y *Salix bonplandiana;* sin embargo en la actualidad el endemismo es bajo debido a la fuerte alteración de los ecosistemas. La mayoría de estas especies se encuentran amenazadas por pérdida de hábitat, introducción de especies exóticas, sobrexplotación de los recursos hídricos y contaminación por materia orgánica e industrial.

Aspectos económicos: pesquería del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae,* charales, acociles y carpas; agricultura intensiva e industria. Abasto de agua a la Cd. de México.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, denudación y erosión de suelos, desecación de lagos, pérdida de hábitats terrestres y acuáticos, sobrexplotación y agotamiento de acuíferos y cambios en el patrón hidrológico. Crecimiento urbano sin planificación.

Contaminación: por influencia de la zona urbana-industrial: metales pesados, nitratos y materia orgánica. Hay 5 sitios de confinamiento de desechos sólidos y sitios clandestinos. Entre 50 y 55 m^3/s de aguas residuales domésticas e industriales son exportadas sin tratamiento fuera de la cuenca. Los ríos Tula, Moctezuma y Pánuco reciben aguas residuales y urbanas altamente contaminadas. También existe contaminación por fertilizantes, biocidas, bacterias coliformes totales y coliformes fecales.

Uso de recursos: especies terrestres y acuáticas amenazadas. Especies introducidas de carpa común *Cyprinus carpio*, charal prieto *Chirostoma attenuatum,* tilapias azul *Oreochromis aureus* y negra *O. mossambicus,* espada de Valles *Xiphophorus variatus.* Se extraen aproximadamente 45 m^3/s del sistema acuífero del Valle de México causando hundimientos del terreno. Para complementar el abasto se extrae y bombea agua de los ríos Lerma y Cutzmala, afectando cuencas externas.

Conservación: gran parte de los endemismos han desaparecido, así que se recomienda censar y conservar a los que aún existen. Hay conocimiento de los cuerpos de agua superficiales; el aspecto de aguas subterráneas requiere de mayores estudios en cuanto a su funcionamiento y en cuanto a las extracciones de acuíferos se hacen a pesar de las consecuencias. Existe información gubernamental no disponible para el público. Los sistemas naturales están desarticulados aunque quedan microambientes relictos y en algunos vasos reguladores se conservan especies de aves migratorias.

Grupos e instituciones: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Biología, Instituto de Ecología, Instituto de Ingeniería, Fac. Ciencias, Instituto de Geofísica, UNAM; Universidad Autónoma Metrpolitana - Iztapalapa y Xochimilco; Comisión Nacional del Agua, Lab. San Bernabé, Semarnap; Departamento del Distrito Federal, Lab. Central de la DGCOH; Instituto Politécnico Nacional.

69. LLANOS DE APAN

Estado(s): Hidalgo y Tlaxcala

Extensión: 2 184.83 km^2

Polígono: Latitud 20°04'48" - 19°27'00" N

Longitud 98°38'24" - 98°12'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos-cráter de Apan, Jalene, Atoche, Tecocomulco y San Antonio de Atocha.

lóticos: ríos San Miguel, Tecocomulco y Papalote, arroyos Columpio y Tízar.

Limnología básica: área: 4.5 ha aproximadamente.

Geología/edafología: suelos tipo Regosol, Feozem y Cambisol.

Características varias: clima templado subhúmedo y semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual 12-14°C. Precipitación total anual 600-700 mm.

Principales poblados: Apan, Cd. Sahagún, Tepeapulco, Calpulalpan.

Actividad económica principal: industrial y agrícola.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: bosques de pino, de encino, de pino-encino, matorral crasicaule, nopalera y pastizal inducido; comunidades de macrofitas. Ictiofauna característica de *Girardinichthys viviparus* y *Heterandria jonesi,* las cuales se encuentran amenazadas junto con las aves *Anas acuta, A. americana, A. discors, A. fulvigula, Aythya affinis, Buteo jamaicensis, Circus cyaneus.*

Aspectos económicos: industria pesada (siderurgia, maquinaria, equipo y material de transporte). Pesquerías del charale *Chirostoma jordani*, de la carpa *Cyprinus carpio* y del pez espada de Valles *Xiphophorus variatus*.

Problemática:

Modificación del entorno: lagos del eje neovolcánico muy afectados por urbanización, agricultura e industria.

Contaminación: urbana e industrial.

Uso de recursos: especies introducidas de carpa *Cyprinus carpio* y *Xiphophorus variatus*.

Conservación: a pesar de ser pequeños, los lagos cráter son importantes por las aguas subterráneas y el conocimiento de los mantos freáticos. La biodiversidad acuática es desconocida pero debe tener fauna íctica característica. La zona no ha sido evaluada.

Grupos e instituciones: Universidad Autónoma de Hidalgo.

70. CUENCA ORIENTAL

Estado(s): Puebla, Tlaxcala y Veracruz **Extensión:** 4 958.60 km^2

Polígono: Latitud 19°42'00" - 18°57'00" N

Longitud 98°02'24" - 97°09'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos Totolango, Alchichica, San Luis Atexcac, La Preciosa, Aljojuca, San Miguel Tecuitlapa, Quechulac, Totolcinco y Ovando, pantanos de Tepeyahualco y presas.

lóticos: ríos permanentes e intermitentes La Caldera, Xonecuila, Quetzalapa, Piedra Grande, arroyos temporales, manantiales El Carmen, Vicencio, Ojo de Agua, Lara Grajales. Gran cantidad de aguas subterráneas.

Limnología básica: salinidades: 1.2-14 gr/l; pH=8-9; O_2=0-6.5 mg/l; temperatura anual promedio entre 12.8-14.4°C; precipitación anual promedio entre 425-656 mm; conductividad menor de 1 000 µmhos/cm a 20°C; El análisis del agua de los lagos señala una elevada concentración de aniones y cationes, lo que permite devidirlos en dos grupos: los salinos formado por los lagos de Alchichica y Atexcac y los diluidos formado por los lagos restantes. De manera general se puede definir al agua de los lagos como alcalina, con alta concentración de cloruros y bicarbonatos de sodio y de magnesio. El sedimento de todos los lagos es de textura arenosa y baja concentración de nutrientes. Se les considera lagos quimiomícticos y polimícticos. Estos cuerpos de agua corresponden con diastremas o maars y se les incluye dentro del tipo 11 de la clasificación de Hutchinson (1975). En la actualidad los lagos de Tepeyahualco y Totolcingo son lagos terminales. Las características morfométricas de los principales lagos son las siguientes:

Lagos-cráter	*Área superficial* (km^2)	*Volumen* ($m^3 \times 10^6$)	*Profundidad máxima* (m)
Alchichica	1.81	69.9	64.6
La Preciosa	0.78	16.2	45.5
Quechulac	0.50	10.9	40.0
Aljojuca	0.44	11.6	50.6
Atexcac	0.29	6.1	39.1
Tecuitlapa	0.26	0.35	2.5

Geología/edafología: se trata de una cuenca endorreica, aproximadamente 4 982 km^2, localizada en el sureste del Altiplano mexicano; situada entre el Eje Neovolcánico y el sureste de la Sierra Madre Oriental. Comprende los llanos de San Juan y San Andrés. Predominan suelos con sustrato calizo tipo Rendzina además de Regosol, Litosol, Feozem, Andosol y Cambisol. Tiene contacto con zonas tropicales húmedas al este y templadas al norte y al oeste.

Características varias: clima templado subhúmedo y semiseco templado con lluvias en verano. Temperatura media anual 12-16°C. Precipitación total anual 400-800 mm. Elevación mayor que 2 300 msnm.

Principales poblados: El Carmen, Tlax., Perote, Ver. , Oriental, Pue.

Actividad económica principal: agricultura, ganadería e industria de la construcción (yesos).

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral xerófilo, bosques de pino (*Pinus*), de encino (*Quercus*), de pino-encino, matorral de coníferas (*Juniperus*), matorral con isotes (*Yucca*), vegetación halófila, pastizal natural; comunidades de peces, anfibios, invertebrados (hemípteros, crustáceos y anátidos). El lago de Alchichica presenta características ecológicas únicas con un alto grado de endemismos y fisiográficas particulares debido a la presencia de depósitos estromatolíticos producidos por intensa actividad biogénica. La intervención de las algas en esas formaciones es remarcable y las diferencias morfológicas aparentes están ligadas a la presencia de especies diferentes. Las especies dominantes que integran estos estromatolitos son nuevas para la ciencia y el principal razgo fisiográfico del lago es el estromatolito tipo esponjoso constituido por *Enthophysalis atrata*, *Enthophysalis* sp., *Calothrix* cf. *parletina* y *Calothrix* sp. y el estromatolito tipo columnar constituido por *Enthophysalis lithophyla* y *Nitzchia* sp. Sobre esta cama de estromatolitos, en partes profundas del lago se desarrolla una comunidad abundante de *Cladophora* con un alto grado de epifitismo de cianoprocariontes (también especies nuevas) *Chamaesiphon halophilus, Heteroleibleinia profunda, Mantellum rubrum y Xenococcus candelariae*. También se han encontrado en fitoplancton, 23 géneros agrupados en tres divisiones: crisofita con catorce géneros, cianofita con cinco y clorofita con cuatro. Las especies dominantes a lo largo del año son *Agmenellum* sp., *Amphora* sp., *Chaetoceros similis*, *Coscinodiscus* sp., *Cyclotella striata*, *Nodularia spumigena*, *Stephanodiscus niagarae* y *Synechocystis* sp. En cuanto a la flora acuática, las especies mejor representadas en los lagos cráter son los hidrófitos enraizados emergentes *Eleocharis montevidensis*, *Juncus andicola*, *J. mexicanus*, *Phragmites australis*, *Scirpus californicus* y *Typha domingensis*; los hidrófitos enraizados sumergidos *Cyperus laevigatus*, *Potamogeton pectinatus* y *Ruppia maritima* y el hidrófito libremente flotador *Lemna gibba*. La mayoría de estas especies son indicadoras de condiciones extremas caracterizadas por las altas concentraciones iónicas del agua y el pobre contenido de nutrientes. Endemismo del anfibio *Ambystoma subsalsum* y de peces como *Evarra bustamantei*, *E. eigenmanni*, *E. tlahuacensis*, *Poblana alchichica alchichica*, *P. alchichica squamata*, *Poblana ferdebueni*, *P. letholepis*. Estas especies junto con *Chirostoma* sp., y *Heterandria jonesi* se encuentran amenazados por desecación e introducción de especies exóticas y se caracterizan por presentar distribución restringida.

Aspectos económicos: las pesquerías de aterínidos (charales), ciprínidos, ajolotes, acociles y del crustáceo *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* han sido mermadas por problemas de desecamiento del lago Totolcingo. Agricultura de temporal y de riego, acuicultura y captación de agua. Recursos de energía geotérmica.

Problemática:

Modificación del entorno: vegetación original removida para agricultura, tala forestal, pastoreo, quema, construcción de carreteras, desecamiento y sobrexplotación de agua para uso urbano. Problemas de erosión hídrica y eólica, así como de salinización de los suelos y del agua.

Contaminación: por basura, detergentes y agroquímicos.

Uso de recursos: especies introducidas de carpas dorada *Carassius auratus* y común *Cyprinus carpio* y de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*.

Conservación: la región tiene un alto impacto debido a la agricultura y al pastoreo intenso, la explotación de acuíferos y el cultivo de peces exóticos.
Grupos e instituciones: Escuela Nacional de Estudios Profesionales – Iztacala, Facultad de Estudios Superiores - Zaragoza, Instituto de Geofísica, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

REGIÓN GOLFO DE MÉXICO

71. RÍO SAN FERNANDO

Estado(s): Tamaulipas **Extensión:** 4 540.55 km^2
Polígono: Latitud 24°59'24" - 23°57'00" N
Longitud 98°45'36" - 97°38'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lagos de la Nacha y La Piedra, estuarios, humedales.
lóticos: río San Fernando o Conchos, arroyos.
Limnología básica: área:15 640 km^2; escurrimiento virgen: 756 Mm^3; hay influencia salina; alta concentración de nutrientes.
Geología/edafología: zona de llanuras con suelos profundos y fértiles tipo Vertisol, Castañozem, Rendzina, Xerosol, Solonchak y Gleysol.
Características varias: clima semiseco muy cálido, semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año. Temperatura media anual de 22-24°C. Precipitación total anual de 600-700 mm.
Principales poblados: San Fernando, Méndez.
Actividad económica principal: industria, pesquera, agrícola y ganadera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: matorral submontano, pastizal inducido, halófilo y cultivado, mezquital, vegetación halófila. Flora característica: *Acacia berlandierii, Cordia boissieri, Helieta parviflora, Quercus cambye, Q. opaca, Q. prinsel, Q. rysophylla.* Alta diversidad de crustáceos. Ictiofauna característica: *Cyprinodon bobmilleri, C. eximius, C. variegatus, Eleotris abacurus, Ictalurus punctatus, Ictiobus niger, I. bubalus, Poecilia mexicana, Pylodictis olivaris.* Especies amenazadas: de aves *Accipiter cooperii, A. striatus, Amazona oratrix, A. viridigenalis, Asio flammeus, Bubo virginianus, Buteo albicaudatus, B, jamaicensis, B. nitidus, Buteogallus anthracinus, Charadrius montanus, Falco femoralis, Glaucidium brasilianum,* el bolsero de Audubon *Icterus graduacauda, Myadestes townsendi, Otus asio, Regulus calendula, Strix occidentalis, S. virgata.* La cabecera de la cuenca está menos alterada y posiblemente la diversidad es alta. Constituye el límite norte de la región Neotropical; hacia la desembocadura hay un sistema lagunar estuarino asociado a laguna Madre el cual es límite de distribución del reptil *Siren intermedia.* Se presenta la colonia de anidación más importante de *Zenaida asiatica clara.*
Aspectos económicos: producción pesquera, industrial (empacadoras y maquiladoras), agrícola (sorgo, henequén, cártamo, cítricos y soya principalmente) y ganadera (ganado bovino y caprino). Existe el petróleo como recurso estratégico. El agua se usa para riego, abastecimiento a municipios y acuicultura. Minería (zinc, dolomita, cobre y plata).
Problemática:
Modificación del entorno: los suelos son salinos y se incrementa la salinización por riego intenso (amenaza potencial) y agotamiento del agua. Alteración en los cuerpos acuáticos por la presencia de *Hydrilla verticillata* (maleza acuática).
Contaminación: por aguas residuales, desechos sólidos y agroquímicos. Concentración media de DBO y DQO en las partes bajas.
Uso de recursos: especies introducidas de bagre e *Hydrilla verticillata.* Se pesca carpa, matalote, bagre, catán, lobina, lisa y rana. La zona estuarina es área de crianza de crustáceos y moluscos. Uso de suelo agrícola.
Conservación: necesidad de conservar y conocer la diversidad de la cabecera de la cuenca; vigilar el ma-

nejo del cultivo de cítricos por lixiviación de agroquímicos; control en la introducción de especies exóticas. Falta un inventario de especies nativas y estudios sobre la carga de nutrientes y problemas de eutroficación.
Grupos e instituciones: Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM; Instituto de Ecología y Alimentos, UAT – Cd. Victoria; Instituto Tecnológico de Cd. Victoria; Universidad del Noreste - Tampico; Facultad de Biología, UANL.

72. RÍO TAMESÍ

Estado(s): Tamaulipas Extensión: 15 735.2 km^2
Polígono: Latitud 23°57'36" - 22°12'36" N
Longitud 99°51'36" - 98°10'12" W

Recursos hídricos principales
léniticos: lagos Tortugas, Altamira, de Chairel y de la Culebra, humedales, cenotes.
lóticos: ríos Tamesí, Sabinas, Mante y Guayalejo, arroyos de las Ánimas, Tantoán, Naranjo y Naranjal
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: comprende sierras plegadas y sierras complejas como las sierras Sta. Clara, los Nogales, Tamalave y Cucharas. Suelos tipo Rendzina, Cambisol, Vertisol y Litosol.
Características varias: clima cálido subhúmedo y semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 22-26°C. Precipitación total anual de 700-1 200 mm.
Principales poblados: Gómez Farías, Cd. Mante, Altamira, Jaumave.
Actividad económica principal: ingenios azucareros, agricultura de riego y de temporal, ganadería y termoeléctrica.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: tular-popal, manglar, palmar, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, bosques de pino-encino, mesófilo de montaña y de encino, pastizal inducido y cultivado. Muchas especies tropicales de plantas tienen en esta región su límite norte; existe además, una mezcla fascinante de especies neotropicales y boreales templadas. Flora característica: *Abutilon procerum, Acalypha tamaulipasensis, Brosimum alicastrum, Bursera simaruba, Carpinus caroliniana, Cedrela mexicana, Cercis canadensis* var. *mexicana, Clethra pringlei, Comarostaphylis sharpii, Croton niveus, Enterolobium cyclocarpum, Fagus mexicana, Leucaena pulverulenta, Liquidambar styraciflua, Louteridium tamaulipense, Macromeria alba, Magnolia tamaulipana, Mirandaceltis monoica, Omphalodes richardsonii, Ostrya virginiana, Phoebe tampicensis, Pinus patula, P. pseudostrobus, P. teocote, Podocarpus reichei, Quercus affinis, Q. crassifolia, Q. chrysophylla, Q. germana, Q. sartorii, Q. xalapensis* y *Verbesina richardsonii.* Ficoflora característica de las lagunas y cenotes: Clorophyta: *Cladophora* sp., *Closterium acerosum, C. ehrenbergii, Cosmarium cynthia, C. granatum, C. reniforme, C. trupinii, Pediastrum duplex* var. *duplex, P. tetras, Scenedesmus abundans, S. acuminatus, S. quadricauda, Spirogyra* spp.; Cyanophyta: *Anabaena* sp., *Chroococcus turgidus, Gomphosphaeria aponina, Merismopedia elegans, M. minima, Oscillatoria* spp., *Synechocystis aquatilis*; Euglenophyta: *Euglena spirogyra, Phacus curvicauda, Trachelomonas armata, T. hispida, T. volvocina;* Chromophyta: *Coscinodiscus* sp., *Cymbella* sp., *Fragilaria crotonensis, Fragilaria* sp., *Liomophora* sp., *Pinnularia gibba, Pinnularia* sp., *Synedra ulna, Surirella* sp. Ictiofauna característica *Agonostomus monticola, Awaous tajasica, Cyprinodon eximius, Eleotris abacurus, E. pisonis, Gambusia aurata, Gobionellus atripinnis, G. boleosoma, Heterandria jonesi, Ictalurus furcatus, I. punctatus, Ictiobus bubalus, Ophisternon aenigmaticum, Poecilia formosa, P. latipinna* (límite sur de distribución), *P. mexicana, Pylodictis olivaris, Xiphophorus montezumae, X. nezahualcoyotl.* Especies endémicas de crustáceos *Palaemonetes hobbsi, P. kadiakensis, P. mexicanus, Procambarus (Ortmannicus) acutus* y *Procambarus (Ortmannicus) acutus cuevachicae*; de peces *Cichlasoma pantostictum, Dionda erimyzonops, Notropis tropicus, Poecilia latipunctata.* Especies amenazadas de peces *Cyprinodon eximius, Poecilia latipunctata*; del reptil *Kinosternon herrerai;* de aves *Amazona oratrix, A. viridigenalis, Ara militaris, Aratinga holochlora, Buteo jamaicensis, B. magnirostris, Buteogallus urubitinga, Crax rubra, Penelope purpurascens, Rhynchopsitta terrisi*; de mamíferos el coyote *Canis latrans*, el jaguarundi *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii,* el gato montes *Lynx rufus*, la nutria *Lutra longicaudis annectens,* el jaguar *Panthera onca*, la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus*, el oso *negro Ursus americanus*, otros mamíferos de menor talla como el

cacomixtle *Bassariscus astutus*, el tlacuache *Didelphis virginiana*, el cabeza de viejo *Eira barbara*, la comadreja *Mustela frenata*, el coatí *Nasua narica nelsoni*, el mapache *Procyon lotor*, los zorrillos *Conepatus leuconotus*, *Mephitis macroura* y *Spilogale putorius*, los roedores *Cryptotis mexicana, Orthogeomys hispidus, Peromyscus ochraventer* y *Reithrodontomys megalotis*. La planta *Acrostichum* sp. es indicadora de alteración.
Aspectos económicos: actividad industrial, agropecuaria, pesquera y de transporte. Hay pesca deportiva. Uso del agua para riego, acuicultura y abastecimiento urbano e industrial. Pesca del crustáceo *Macrobrachium acanthurus*.
Problemática: violación de vedas pesqueras y tallas mínimas; extracción excesiva de agua.

Modificación del entorno: tala no planeada, extracción de agua, desecación, deforestación, formación de canales, construcción de caminos.

Contaminación: por agroquímicos, aguas residuales domésticas e industriales, descargas termales y salobres.

Uso de recursos: Nutrias, sábalos y crustáceos en riesgo. Especies introducidas de plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* e *Hydrilla verticillata* ampliamente distribuidas y de la tilapia *Oreochromis mossambicus*. Se han registrado florecimientos de organismos zooplanctónicos.
Conservación: preocupa la degradación del sistema como parte de la Reserva de la Biosfera El Cielo, para lo cual deben ejecutarse planes de manejo; la desecación y sobrexplotación en humedales debe detenerse pues soporta a varias comunidades ademas de ser una fuente de abastecimiento de recursos alimenticios. No hay un estudio continuo e integral de la zona; no se da un seguimiento de la información que se adquiere, ni existen apoyos para integrar la información existente entre instituciones, dependencias y ONG. Faltan inventarios de flora y fauna acuática y terrestre.
Grupos e instituciones: Universidad del Noreste; Comisión Nacional del Agua, Semarnap; UAT, Instituto de Ecología y Alimentos, UAT – Cd. Victoria; Instituto Tecnológico de Cd. Victoria; Instituto de Biología, UNAM.

73. CENOTES DE ALDAMA

Estado(s): Tamaulipas **Extensión:** 5 014.28 km²
Polígono: Latitud 23°22'48" - 22°16'48" N
Longitud 98°26'24" - 97°45'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: cenotes, lagos, reservorios.

lóticos: río el Tigre y arroyos.

Limnología básica: Aguas subterráneas hidrotermales sulfurosas.
Geología/edafología: suelos salinos tipo Feozem y Vertisol. Minerales de kalenita y montmorillonita.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 22-26°C. Precipitación total anual de 800-1 200 mm.

Principales poblados: Aldama.

Actividad económica principal: ganadería y agricultura.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva baja caducifolia, matorral espinoso, encinar tropical y pastizal cultivado. Por la integridad del ecosistema, la biota de estos ambientes puede estar bien representada. Endemismo del crustáceo *Procambarus (Ortmannicus) acutus cuevachicae* y del pez *Prietella lundbergi*. Especies amenazadas de tortugas y ranas; de aves *Amazona oratrix* y *A. viridigenalis*.
Aspectos económicos: acuicultura, actividad ganadera y agrícola, servicios de abastecimiento de agua y riego; industria (empacadoras y rastro).
Problemática:

Modificación del entorno: formación de canales, desecación y modificación de la vegetación para agricultura.

Contaminación: por agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales.

Uso de recursos: uso de suelo agropecuario en la planicie y para acuicultura.

Conservación: preocupa el incremento de la actividad turística (buceo); se desconoce el sistema de mane-

Uso de recursos: extracción de leña y madera para construcción. Especies introducidas de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* y lobina negra *Micropterus salmoides*.
Conservación: preocupa la deforestación. Comprende el Parque Nacional Lagunas de Montebello.
Grupos e instituciones: Instituto de Biología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geología, Instituto de Geografía, UNAM; Comisión Nacional del Agua, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Semarnap; Universidad Autónoma de Chiapas; Instituto Nacional de Antropología e Historia; El Colegio de la Frontera Sur.

89. RÍO TULIJÁ - ALTOS DE CHIAPAS

Estado(s): Chiapas y Tabasco **Extensión:** 4 183.53km^2
Polígono: Latitud 17°57'36" - 17°00'00" N
Longitud 92°49'12" - 92°03'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: cascada de Agua Azul.
lóticos: ríos Tulijá, Encanto y Rascón.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: al sur la sierra Norte de Chiapas. Suelos de tipo Luvisol, Nitosol, Gleysol, Acrisol, Rendzina y Regosol.
Características varias: clima templado húmedo, cálido húmedo, semicálido húmedo con lluvias todo el año y cálido húmedo con abundante lluvias en verano. Temperatura media anual 18-28°C. Precipitación total anual 2 000-4 500 mm.
Principales poblados: Bachajón, Salto de Agua, Macuspana, Hidalgo, Palenque.
Actividad económica principal: agrícola, ganadera, forestal y turismo.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta perennifolia, bosques mesófilo de montaña, de pino-encino, de pino, de encino, vegetación riparia, popal, sabana, pastizal cultivado, inducido y natural. Flora característica: cuerillo *Ampelocera hottlei*, guacirán *Balizia leucocalyx*, corcho colorado *Belotia mexicana, Calocarpum mammosum,* patastillo *Christiana africana*, chaxchum *Cupania auriculata*, guapaque *Dialium guineense*, mirasol *Didymopanax morototoni*, copó *Ficus rubiginosa*, amates *Ficus* spp., calaguaste *Guarea chichon,* tempesquite *Laetia thamnia, Lonchocarpus* sp., canishté *Lucuma campechiana*, cacaté *Oecopetalum mexicanum*, masamorro *Poulsenia armata*, encinos *Quercus corrugata*, *Q. glaucescens,* roble *Q. oleoides,* cantulán colorado *Q. oocarpa*, tzajalchit *Q. skinneri,* palmas corozales *Scheelea liebmannii* y *S. lundellii*, pazaque *Simarouba glauca,* achiote *Sloanea castanaecarpa*, chacté *Sweetia panamensis*, caoba *Swietenia macrophylla,* guayacán *Tabebuia guayacan*, *T. palmeri,* palo de brujo *Vochysia hondurensis*, capulín *Xylopia frutescens.* Fauna característica: de aves la guacamaya roja *Ara macao, Aspatha gularis, Atthis ellioti, Bubo virginianus, Cyanolyca cucullata, Dactylortyx thoracicus*, el troglodita selvático *Henicorhina leucosticta*, los murciélagos *Carollia subrufa, Dermanura tolteca, Myotis elegans* y *M. fortidens*, el pajuil *Penelopina nigra*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus*, todas amenazadas; de mamíferos el ratón tlacuache *Marmosa mexicana*, el jaguar *Panthera onca*, el tapir *Tapirus bairdii*. Gran diversidad de lepidópteros, anfibios, reptiles y aves. Endemismo de plantas *Encyclia* sp. y *Laelia bella*; de crustáceos *Cryphiops villalobosi, Odontothelphusa lacandona, O, palenquensis, O. toninae, Phrygiopilus yoshibensis;* de peces *Astyanax armandoi y Poecilia sulphuraria,* especies raras con poblaciones pequeñas.
Aspectos económicos: actividad agrícola, ganadera, forestal y turística.
Problemática:
Modificación del entorno: deforestación; fragmentación del hábitat debido al incremento de la población humana.
Contaminación: ND.
Uso de recursos: extracción de orquídeas y bromeliáceas; utilización de madera carbón y leña; uso forestal (maderables y no maderables); extracción de agua urbana e industrial. Cambio de uso de suelo para ganadería extensiva.

Conservación: se requiere de la protección a los sitios de endemismo, mayor vigilancia y soluciones a los conflictos sociales. Comprende la Reserva Especial de la Biosfera Cascada de Agua Azul.
Grupos e instituciones: Instituto de Biología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geología, Instituto de Geografía, UNAM; Comisión Nacional del Agua, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Semarnap; Universidad Autónoma de Chiapas.

90. LAGUNA DE TÉRMINOS - PANTANOS DE CENTLA

Estado(s): Tabasco y Campeche **Extensión:** 12 681.5 km^2
Polígono: Latitud 18°56'24" - 17°48'00" N
Longitud 93°12'36" - 90°57'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: sistema lagunar estuarino de Términos, Pom, Atasta, Panlao, del Corte y San Carlos; lagunas El Viento, San Pedrito, Pajaral Primero, Pajaral Segundo, Sargazal, Tronconada, Cometa, Encantadita, San Isidro, Larga, El Quemado, Los Ídolos, Tacual, Guana, Paquial, Corcovado, La Puerta, Clara, Pastal y Puerto Escondido, humedales, pantanos permanentes y temporales, cuerpos acuáticos someros, estuarios.
lóticos: Cuenca baja de los ríos Grijalva y Usumacinta, ríos San Pedro, San Pablo, Palizada, Candelaria, Chumpán, Mamantel y tributarios.
Limnología básica: representa uno de los humedales más extensos de Mesoamérica. El delta del Usumacinta-Grijalva es una gran llanura de origen aluvial, sustentada en una cuenca estructural de roca sedimentaria. Los Pantanos de Centla contienen algunos sistemas morfogénicos representativos de las tierras bajas de Tabasco: llanura fluvial, llanura palustre y lagunar de agua dulce, llanura de cordón litoral clasificada en alto inundable y bajo inundable y llanura lagunar costera. Esta zona representa el aporte hídrico más importante en México, del continente hacia la costa y finalmente a la Sonda de Campeche. Comprende alrededor de 110 cuerpos de agua dulce epicontinentales permanentes y temporales.
Geología/edafología: planicie con lomeríos y pequeñas depresiones formadas por depósitos de aluvión. Suelos inundables tipo Gleysol y Solonchak además de Vertisoles y Fluvisoles.
Características varias: clima cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano y cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 200-2 000 mm.
Principales poblados: Cd. del Carmen, Puerto Real, La Aguada, Atasta, Frontera, Palizada, Sabancuy.
Actividad económica principal: pesquera, petrolera, ganadera, agrícola y acuícola.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta perennifolia y subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja perennifolia, popal, tular, carrizal, matorral espinoso inundable, matorral inerme inundable, palmar inundable, pastizal natural y cultivado, sabana, palmar inundable, vegetación acuática y subacuática. Tipos de hábitats: dunas, pantanos, esteros, manglares, marismas, espejos de agua dulce y salobre, islas fluviales. Alta riqueza específica de insectos, moluscos, algas, reptiles, fanerógamas, aves y mamíferos. Flora característica: manglares negro *Avicennia germinans*, blanco *Laguncularia racemosa*, rojo *Rhizophora mangle* y botoncillo *Conocarpus erectus*; palmas altas de tasiste *Acoelorrhaphe wrightii*, helecho *Acrostichum aureum*, *Albizia guachapele*, *Andira galeottiana*, el amarillo *Annona glabra*, el jaguacté *Bactris baculifera*, *B. balanoidea*, el julube *Bravaisia integerrima*, el julubal *B. tubiflora*, el pucté *Bucida buceras*, *Cabomba palaeformis*, la leche maría *Calophyllum antillanum*, *Cameraria latifolia*, *Cephalanthus occidentalis*, *Ceratophyllum demersum*, el sibal *Cladium jamaicense*, *C. mariscus*, el musté *Clerodendrum ligustrinum*, el tocoi *Coccoloba barbadensis*, *Crescentia cujete*, *Curatella americana*, el chintul *Cyperus articulatus*, el molinillo *C. giganteus*, el mucal *Dalbergia brownei*, *D. glabra*, *Eleocharis cellulosa*, *Echinochloa holciformis*, *E. polystachya*, *Echinodorus grandiflorus*, *Eichhornia azurea*, *E. heterosperma*, *Eugenia lundellii*, *Ficus obtusifolia*, el tinto *Haematoxylum campechianum*, *Hampea trilobata*, el tanay *Heliconia latispatha*, *Heteranthera limosa*, *H. reniformis*, la majagua *Hibiscus tiliaceus*, *Hyperbaena winzerlingii*, *Inga vera spuria*, *Leersia hexandra*, la lechuga de pantano *Lemna minor*, *Limnocharis flava*, *L. laforestii*, *Lonchocarpus hondurensis*, *Luziola spruceana*, *L. subintegra*, el sibil *Malvaviscus* sp., *Manilkara zapota*, el chechén *Metopium brownei*, el zarzal *Mimosa pigra*, *Najas marina*, *Nelumbo lutea*, *Neptunia oleracea*, flor de ninfa *Nymphaea ampla*, *Paspalum fluitans*, el carrizal *Phragmites australis*, *Pistia*

stratiotes, Pontederia sagittata, Potamogeton foliosus, Roystonea regia, Ruppia maritima, vegetación riparia de palmares de guano *Sabal mexicana, Salix humboldtiana, Sagittaria intermedia, S. lancifolia lancifolia, Salvinia auriculata, S. minima, Schelea liebmannii, Tabebuia rosea,* la hojilla *Thalia geniculata, Thrinax radiata,* los tules *Typha domingensis, T. latifolia, Utricularia foliosa, U. gibba, Vallisneria americana, Zosterella dubia.* Entre las especies consideradas como raras se encuentran *Aeschynomene deamii, Aniseia cernua, Bacopa lacertosa, B. salzmannii, Bambusa longifolia, Brasenia schreberi, Ceratophyllum muricatum, Drosera capillaris, Enhydra sessilifolia, Gymnocoronis latifolia, Ipomoea asarifolia, Justicia magniflora, J. refulgens, Ludwigia helminthorrhiza, L. repens, L. torulosa, Marsilea crotophora, Nymphaea amazonum, N. jamesoniana, Phyllanthus fluitans, P. stipulatus, Ruellia brittoniana, Sphenoclea zeylanica, Utricularia guyanensis, U. hispida, U. hydrocarpa, U. inflata, U. juncea, U. purpurea, U. radiata, U. resupinata.* Fauna característica de peces: *Anguila rostrata, Belonesox belizanus, Dorosoma anale, Gambusia echeagarayi, G. sexradiata, Ictalurus meridionalis, Lepisosteus tropicus, Poecilia mexicana, P. petenensis, Rivulus tenuis, Xiphophorus helleri, X. maculatus.* Endemismo de plantas *Amaranthus greggii, Citharexylum allephirum, Justicia lindeniana*; de peces *Cichlasoma socolofi, Priapella compressa, Xiphophorus alvarezi*; de anfibios y reptiles *Anolis barkeri, A. cozumelae, A. quercorum, A. ustus, Bolitoglossa yucatana, Eleutherodactylus laticeps, Laemanctus serratus, Rana brownorum, Sceloporus chrysostictus, S. lundelli, S. serrifer, S. teapensis;* de mamíferos *Heteromys gaumeri, Microtus quasiater, Peromyscus yucatanicus, Sciurus aureogaster.* Especies amenazadas de plantas *Bletia purpurea, Bravaisia integerrima B. tubiflora, Laelia anceps, Utricularia guyanensis, U. hydrocarpa, U. juncea. U. radiata y U. resupinata*; de reptiles *Agkistrodon bilineatus,* la boa *Boa constrictor,* el cocodrilo *Crocodylus moreleti, Ctenosaura similis,* la tortuga blanca *Dermatemys mawii,* la iguana verde *Iguana iguana, Micruroides euryxanthus*; de aves el loro yucateco *Amazona xantholora, Anas acuta, A. discors, Anhinga anhinga,* carao *Aramus guarauna, Aratinga nana,* garzón blanco *Ardea herodias occidentalis,* garza tigre del tular *Botaurus pinnatus,* aguililla canela *Busarellus nigricollis, Buteo brachyurus, B. magnirostris, Buteogallus anthracinus,* aguililla negra *B. urubitinga,* pato real *Cairina moschata,* aura sabanera *Cathartes burrovianus, Crax rubra, Elanoides forficatus,* halcón esmerejón *Falco columbarius,* halcón fajado *F. femoralis,* halcón peregrino *F. peregrinus, F. rufigularis, Glaucidium brasilianum,* el bolsero yucateco *Icterus auratus,* el bolsero cuculado *I. cucullatus,* cigüeña jabirú *Jabiru mycteria, Leptotila rufaxilla,* cigüeña americana *Mycteria americana, Ortalis vetula, Oxyura dominica, Pandion haliaetus,* pelícano pardo *Pelecanus occidentalis, Penelope purpurascens, Pionus senilis,* milano caracolero *Rostrhamus sociabilis, Sarcorhamphus papa,* el chipe encapuchado *Wilsonia citrina*; de mamíferos el tepescuintle *Agouti paca,* el mono aullador *Alouatta palliata,* el mono araña *Ateles geoffroyi vellerosus, A. geoffroyi yucatanensis, Caluromys derbianus,* el puercoespín *Coendou mexicanus,* el jaguarundi *Herpailurus yagouaroundi,* el ocelote *Leopardus pardalis,* el tigrillo *L. wiedii, Mazama americana,* el jaguar *Panthera onca,* el jabalí *Pecari tajacu, Philander opossum,* el manatí *Trichechus manatus.* Especies indicadoras del grado de conservación del ambiente: los mangles rojo, blanco y negro, camarones, robalo, manatíes, cocodrilos, caimanes, tortugas marinas; el tule *Typha domingensis* indicadora de ausencia de fertilizantes. Zona de refugio, crianza, alimentación y reproducción de tortugas, aves, peces, crustáceos, manatíes e invertebrados.

Aspectos económicos: pesquerías de camarón *Penaeus aztecus, P. duorarum, P. setiferus* y otros crustáceos como *Macrobrachium acanthurus,* tortuga blanca, pejelagarto, cocodrilo y pesca de escama. Zona cinegética de aves y mamíferos con alto potencial para el ecoturismo. Presencia de actividad petrolera, industrial, forestal, de transporte, acuícola, agrícola y ganadera.

Problemática:

Modificación del entorno: modificación de la vegetación (tala de manglar), relleno de áreas inundables, dragados, canales, efectos de la industria petrolera (exploración y producción), desecación, deforestación por ganadería, construcción de carreteras e hidroeléctrica sobre el Usumacinta. Quemas periódicas de la vegetación en temporadas de sequía. Modificación de la hidrodinámica local, alteración hidrológica por cambios en los volúmenes anuales y estaciones del agua y pérdida de la línea de playa producida por las inundaciones a los asentamientos humanos irregulares existentes en la región, así como a las áreas de agricultura de tierras bajas y actividades pecuarias.

Contaminación: por influencia de Villahermosa y por actividades de la industria petrolera, aguas residuales, desechos orgánicos y sólidos, agroquímicos y metales. Arrastre de plaguicidas y sedimentos de zonas circundantes de campos arroceros.

Uso de recursos: especies introducidas de tilapia, carpa y mojarras *Tilapia rendalli, T. melanopleura, Oreochromis mossambicus, O. niloticus* y el lirio acuático *Eichhornia crassipes.* Violación a las tallas mínimas

de pejelagarto y otros. Actividad ganadera extensiva en zonas inundables de Tabasco. Colecta de especies en peligro: pejelagarto, *Limulus polyphemus (merostomado), Habenaria bractecens* (orquídea), *Charadrius palmatus* (ave), felinos, jabirú, halcón peregrino y cocodrilos. Tráfico y cacería ilegal de especies. Zona de gran importancia para las pesquerías de la Sonda de Campeche. Explotación incontrolada de madera para la construcción de asentamientos irregulares y producción y venta de carbón a Cd. Del Carmen. Colecta de plantas para alimento, construcción, como combustible, ornamental y medicinal.
Conservación: preocupa la deforestación, fragmentación del hábitat, la contaminación, el impacto por la industria petrolera, el desarrollo de infraestructura, el impacto ganadero y las modificaciones en la cabecera del Usumacinta. Faltan monitoreos a la calidad del agua, inventarios biológicos y conocimientos sobre la biología de los organismos; mayor cuidado de las zonas que alimentan la Laguna de Términos. Formulación de un programa de Manejo Integrado de la Zona Costera (manejo de recursos, monitoreo y conservación de las zonas de crianza de fauna y flora marina, etc.). Falta vinculación entre la política sectorial de la Subsecretaría de Pesca y la política estatal de desarrollo. La zona tiene todas las características de un Centro de Actividad Biológica; se propone su inclusión como tal para la zona tropical. Comprende a la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Los Pantanos de Centla están considerados como humedales prioritarios por el North American Wetlands Conservation Council y por la Convención de Ramsar.
Grupos e instituciones: Instituto de Biología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geología, Instituto de Geografía, UNAM; Programa EPOMEX de la Universidad Autónoma de Campeche; El Colegio de la Frontera Sur; Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados, IPN; Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa; Pronatura; Comisión Nacional del Agua, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Instituto Nacional de Ecología, Semarnap; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Secretaría de Ecología del Edo. de Campeche; Universidad Autónoma del Carmen; Universidad Estatal de Louisiana; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Sría. de Marina; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Cd. Del Carmen.

91. BALANCÁN

Estado(s): Tabasco — Extensión: 2 131.08 km^2
Polígono: Latitud 17°51'36" - 17°23'24" N
Longitud 91°45'00" - 91°15'36" W

Recursos hídricos principales
lénticos: pantanos, lagos.
lóticos: ríos Usumacinta y San Pedro.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos de tipo Arenosol, Nitosol, Vertisol, Gleysol, Luvisol y Rendzina.
Características varias: clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 500-2 500 mm.
Principales poblados: Balancán de Domínguez, Tenosique de Pino Suárez, Emiliano Zapata.
Actividad económica principal: ganadera, petrolera y pesquera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta y baja perennifolia, pastizal cultivado, sabana, palmar inundable. Alta diversidad de hábitats: pantanos, ríos y humedales. Flora característica: tasiste *Acoelorrhaphe wrightii, Annona glabra,* bayalté *Aspidosperma megalocarpon, Bactris balanoidea,* mojú *Brosimum alicastrum,* leche maría *Calophyllum antillanum,* chijilté *Chrysophyllum mexicanum, Dalbergia glabra,* guapaque *Dialium guineense,* amates *Ficus* spp., palo de chombo *Guatteria anomala,* palo de tinta *Haematoxylum campechianum,* sunzapote *Licania platypus,* piñanona *Monstera deliciosa,* la caoba *Swietenia macrophylla,* contzontzón *Syngonium podophyllum,* flor de corazón *Talauma mexicana,* ujtui *Tapirira macrophylla,* canshán *Terminalia amazonia,* baqueta *Ulmus mexicana,* bejuco de agua *Vitis bourgaeana.* Fauna característica: de peces *Astyanax armandoi* n.sp., *A. fasciatus, Belonesox belizanus, Dorosoma anale, Gambusia sexradiata, G. echeagarayi, G. yucatana, Heterandria bimaculata, Ictiobus meridionalis, Lepisosteus tropicus, Poecilia mexicana, P. petenensis,*

P. velifera, Profundulus hildebrandi, P. labialis, P. punctatus, Rhamdia guatemalensis, R. laticauda, Rhamdia sp., *Rivulus tenuis, Xiphophorus maculatus, X. helleri.* Endemismo de tortugas de agua dulce. Especies amenazadas: de aves *Asio clamator, Cathartes burrovianus, Harpyhaliaetus solitarius, Ictinia mississippiensis.* Planta acuática *Brasenia schreberi* indicadora de pérdida de hábitat.
Aspectos económicos: actividades de acuicultura, ganadería y petrolera.
Problemática:

Modificación del entorno: tala inmoderada para la ganadería; influencia de PEMEX; construcción de canales y escurrimientos agropecuarios.

Contaminación: de tipo agropecuaria y petrolera.

Uso de recursos: violación de vedas y tallas mínimas para pesca; ganadería extensiva; abastecimiento de agua y acuicultura. Especies introducidas de mojarras *Oreochromis mossambicus* y *Tilapia rendalli.* En el río Usumacinta, la introducción de de una sola especie exótica ha desplazado total o parcialmente a casi 19 especies nativas, de las cuales por lo menos 6 son endémicas.

Conservación: preocupa el impacto petrolero y ganadero, así como las modificaciones en la cabecera del Usumacinta. Faltan monitoreos de la calidad del agua, inventarios biológicos y conocimientos sobre la biología de los organismos.

Grupos e instituciones: Instituto de Biología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geología, Instituto de Geografía, UNAM; Comisión Nacional del Agua, Semarnap; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; Secretaría de Ecología del Edo. de Tabasco.

92. RÍO LACANTÚN Y TRIBUTARIOS

Estado(s): Chiapas **Extensión**: 9 796.71 km²
Polígono: Latitud 17°25'48" - 16°04'12" N
Longitud 91°55'12" - 90°22'48" W

Recursos hídricos principales

lénticos: lagos El Ocotal, Lacanjá, Miramar, Ojos Azules, Escobar, Suspiro, el Tintal y otras.

lóticos: ríos Usumacinta, Xabal, Lancantún, Aguilar, Chixoy, Lacanjá, Azul, Perlas, Jetjá, Negro-Tzendales, San Pedro y arroyos.

Limnología básica: la región comprende un balance hídrico favorable y por lo tanto una elevada actividad morfogenética características de un karst activo. Representa una cuenca muy importante de captación de las elevadas precipitaciones de la región y, por lo tanto, actúa como zona de recarga de acuíferos subterráneos que alimentan al sistema fluvial más caudaloso del país.

Geología/edafología: comprende las sierras La Cojolita, Cruz de Plata, La Colmena y El Tornillo. Predominio de calizas cretácicas y rocas sedimentarias plegadas. Suelos tipo Litosol, Nitosol, Luvisol, Cambisol y Rendzinas.

Características varias: clima cálido húmedo y cálido subhúmedo con abundates lluvias en verano. Temperatura media anual de 22-28°C. Precipitación total anual 1 500-3 000 mm.

Principales poblados: Bonampak, Monte Líbano, Zapotal, San Quintín, Taniperla, Pico de Oro, Velasco Suárez, Lacanjá.

Actividad económica principal: ganadera, forestal y petrolera.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta perennifolia, selva mediana subcaducifolia, bosques de pinos y encinos, vegetación riparia y sabana. La vegetación secundaria más frecuente son los acahuales que cubren grandes extensiones. Flora característica: espino *Acacia pennatula, Alchornea latifolia, Ardisia spicigera,* bayalté *Aspidosperma megalocarpon, Ateleia pterocarpa, Bactris balanoidea, Balizia leococalyx,* jimbal *Bambusa longifolia,* palo de cuesa *Bernoullia flammea, Blepharidium mexicanum, Bletia purpurea, Bravaisia integerrima,* ramón *Brosimum alicastrum,* pucté *Bucida buceras,* chacá *Bursera simaruba, Byrsonima crassifolia, Cabomba palaeformis,* leche maría *Calophyllum antillanum,* hule *Castilla elastica, Cecropia obtusifolia, C. schreberiana,* cedro rojo *Cedrela odorata,* ceiba *Ceiba pentandra,* baqueta *Chaetoptelea mexicana,* sibal *C. jamaicense, Cladium mariscus, Clusia flava, Cochlospermum vitifolium, Cojoba arborea, Coussapoa oligoce-*

phala, Crescentia cujete, Cupania sp., *Curatella americana, Cymbopetalum penduliflorum,* guapaque *Dialium guineense, Eleocharis interstincta, Ficus cookii, F. glabrata,* patatè *Ginoria nudiflora, Gliricidia sepium,* jimbales de *Guada spinosa,* palo de chombo *Guatteria anomala, Gynerium sagittatum,* platanillos *Heliconia latispatha, Hymenaea courbaril, Hymenocallis littoralis, Inga sapindoides, I. vera spuria, Lemna minuta,* sunzapote *Licania platypus, Lindenia rivalis,* palo de aro *Lonchocarpus guatemalensis, L. luteomaculatus, Ludwigia octovalvis, Luehea speciosa, Lysiloma acapulcense,* bejuco de sangre *Machaerium marginatum,* chicozapote *Manilkara zapota,* zarzales de *Mimosa pigra, Muntingia calabura, Myrica mexicana, Myriophyllum* sp., *Najas wrightiana, Nymphaea ampla,* palo de agua *Pachira aquatica, Pancratium littorale,* carrizal *Phragmites australis, Phyla stoechadifolia,* pinos *Pinus oocarpa, P. pseudostrobus, P. tenuifolia,* hormiguillo *Platymiscium dimorphandrum, Polygonum acuminatum, Pontederia sagittata,* manash.*Pseudolmedia oxyphyllaria,* llorasangre *Pterocarpus rohrii, Quararibea funebris,* encinos *Quercus anglobonduensis,* chicharro *Q. corrugata,* cantulán colorado *Q. oocarpa, Q. peduncularis,* tzajal *Q. skinneri,* pasto marino *Ruppia maritima, Salix humboldtiana,* corozales de *Scheelea liebmannii,* guanacaxtle *Schizolobium parahybum, Scirpus* sp., chechem *Sebastiana longicuspis, Spirodela polyrrhiza, Spondias mombin,* castaño *Sterculia apetala,* covadonga *Strychnos panamensis,* caoba *Swietenia macrophylla,* volador *Talauma mexicana,* canshán *Terminalia amazonia,* tule *Typha domingensis, Utricularia gibba,* tinco *Vatairea lundellii,* cacao volador *Virola guatemalensis,* yashcabté *Vitex kuylenii, Wolffia brasiliensis.* Fauna característica: Para la selva Lacandona se han reportado 22 especies de oligoquetos terrestres: 15 nativas de México (4 géneros y 11 especies nuevas), 5 introducidas por el hombre y 2 (*Ocnerodrilus occidentalis* y Gen. Nov. 1) de origen dudoso: *Amynthas corticis, Balanteodrilus pearsei, Dichogaster bolaui, D. saliens, D. sporadonephra, Notiodrilus salvadorensis, Polypheretima elongata, Pontoscolex corethrurus, Ramiellona strigosa, Lavellodrilus bonampakensis, L. ilkus, L. maya, L. parvus, L. riparius*; de peces *Gambusia eurystoma, Heterandria bimaculata, Profundulus hildebrandi, P. labialis, Xiphophorus alvarezi, X. helleri*; de anfibios y reptiles la boa *Boa constrictor,* las nauyacas real *Bothrops asper,* chatilla *B. nasuta* y verdinegra *B. nigroviridis,* los sapos *Bufo marinus* y *B. valliceps,* el celesto vientre verde *Celestus rozellae,* la tortuga cocodrilo *Chelydra serpentina,* la culebra *Clelia clelia,* la panza amarilla *Coniophanes fissidens,* la vientre rojo *C. imperialis,* los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti,* la tortuga blanca *Dermatemys mawii, Eleutherodactylus laticeps,* la iguana verde *Iguana iguana,* el falso coralillo *Lampropeltis triangulum, Norops uniformis,* la rana leopardo *Rana berlandieri,* tres lomos *Staurotypus triporcatus,* la jicotea *Trachemys scripta,* la falsa nauyaca *Xenodon rabdocephalus;* de aves residentes como *Agamia agami,* la anhinga americana *Anhinga anhinga,* la garza ganadera *Bubulcus ibis,* la aguililla gris *Buteo nitidus,* el garzón blanco *Casmerodius albus,* el pato pijije aliblanco *Dendrocygna autumnalis,* el halcón guaco *Herpetotheres cachinnans,* la cigüeña americana *Mycteria americana,* la chachalaca vetula *Ortalis vetula,* la garza tigre *Tigrisoma mexicanum;* de aves invernantes como el playerito alzacolita *Actitis macularia,* la cerceta aliazul clara *Anas discors,* el garzón cenizo *Ardea herodias,* el aguililla migratoria menor *Buteo platypterus,* el martín pescador mediano *Ceryle alcyon,* el chorlito semipalmeado *Charadrius semipalmatus,* el chorlito tildío *C. vociferus,* el mosquerito mínimo *Empidonax minimus,* el halcón cernícalo *Falco sparverius,* el águila pescadora *Pandion haliaetus,* la perlita piis *Polioptila caerulea*; de mamíferos como el tepescuintle *Agouti paca,* el cacomixtle *Bassariscus sumichrasti,* el armadillo de cola desnuda *Cabassous centralis,* el tlacuache lanudo o dorado *Caluromys derbianus,* el tlacuachillo acuático *Chironectes minimus,* el puercoespín *Coendou mexicanus,* el hormiguero dorado *Cyclopes didactylus,* el guaqueque alazán *Dasyprocta punctata,* el armadillo *Dasypus novemcinctus,* los murciélagos hematófagos *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata,* el tlacuache común *Didelphis marsupialis,* el viejo de monte *Eira barbara,* el grisón *Galictis vittata,* la nutria *Lutra longicaudis,* el ratón tlacuache *Marmosa mexicana,* el venado temazate *Mazama americana,* la comadreja *Mustela frenata,* el coatí *Nasua narica nelsoni,* el venado cola blanca *Odocoileus virginianus,* la tusa *Orthogeomys hispidus,* el tlacuache cuatro ojos *Philander opossum,* los murciélagos *Lonchorhina aurita, Micronycteris brachyotis, M. megalotis, Mimon benettii cozumelae, M. crenulatum, Myotis albescens, M. elegans, M. fortidens, M. keaysi, Noctilio leporinus, Peropteryx kappleri, Phyllostomus stenops, Pteronotus davyi, P. parnellii, Rhynchonycteris naso, Saccopteryx bilineata, Tonatia brasiliense, T. evotis,* el murciélago carnívoro *Trachops cirrhosus,* la martucha *Potos flavus,* el mapache *Procyon lotor,* las ardillas *Sciurus aureogaster* y *S. deppei,* el conejo tropical *Sylvilagus brasiliensis,* la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus.* Endemismo de plantas *Ceratozamia matudai, C. mexicana, Chamaedorea glaucifolia, Dioon merolae, Encyclia kienastii, Lacandonia schismatica,* cacao *Theobroma cacao* subsp. *cacao* forma *lacandonense, Yucca lacandonica, Zamia splendens*; de crustáceos *Odontothelphusa lacandona, O. palenquensis, Potamocarcinus chajulensis,* de peces *Gambusia eurystoma, Poecilia sulphuraria, Profundulus hildebrandi, Xiphophorus alvare-*

zi y del ave *Atlapetes albinucha*. Especies amenazadas: de reptiles los cocodrilos *Crocodylus acutus, C. moreleti* y la tortuga blanca *Dermatemys mawii;* de aves el loro de cabeza azul *Amazona farinosa,* la guacamaya roja *Ara macao,* búho cornudo cariblanco *Asio clamator,* el pato real *Cairina moschata*, el hormiguero tirano *Cercomacra tyrannina*, el hocofaisán *Crax rubra*, el milano tijereta *Elanoides forficatus*, el halcón pechicanelo *Falco deiroleucus*, el hormiguero cholino escamoso *Grallaria guatimalensis*, el águila arpía *Harpia harpyja*, el águila solitaria *Harpyhaliaetus solitarius*, el loro de corona blanca *Pionus senilis,* el búho gorfiblanco *Pulsatrix perspicillata*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus*, el zopilote rey *Sarcoramphus papa*, el águila elegante *Spizaetus ornatus*, el águila tirana *S. tyrannus*, el águila ventriblanca *Spizastur melanoleucus*, el trogón colioscuro *Trogon massena*; de mamíferos el mono aullador *Alouatta pigra*, el mono araña *Ateles geoffroyi*, el puercoespín *Coendou mexicanus*, el grisón *Galictis vittata*, el jaguarundi *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, la nutria *Lutra longicaudis*, el jaguar *Panthera onca*, el puma *Puma concolor*, el oso hormiguero *Tamandua mexicana,* el tapir *Tapirus bardii,* el pecarí de labios blancos *Tayassu pecari*, el murciélago carnívoro *Trachops cirrhosus*, todas amenazadas por modificaciones del hábitat y migraciones de la población tzotzil. Especies indicadoras: de anfibios y reptiles anolis jaspeado *Anolis capito, Centrolenella fleischmanni,* el turipache de selva *Corytophanes cristatus, Physalaemus pustulosus,* el sapo cavador *Rhinophrynus dorsalis* y la escincela parda *Sphenomorphus cherriei,* indicadoras de calidad del medio ambiente.

Aspectos económicos: actividad agrícola, ganadera, forestal, petrolera, turística y pesquera.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, modificación de la vegetación (fragmentación) y erosión de suelos por actividades ganadera y petrolera; así como por colonización espontánea y construcción de carreteras.

Contaminación: por agroquímicos.

Uso de recursos: especies introducidas de peces como la anguila *Anguilla rostrata*, la mojarra *Cichlasoma urophthalmus ericymba,* la carpa hervíbora *Ctenopharyngodon idella* y la tilapia *Oreochromis niloticus*. Pesca comercial de los bagres *Ariopsis felis* y *Cathorops melanopus*, el macabil *Brycon guatemalensis*, la castarrica *Cichlasoma octofasciatum*, el bobo liso *Ictalurus meridionalis*, la chopa *Ictiobus meridionalis*, el pejelagarto *Lepisosteus tropicus*, la tenguayaca *Petenia splendida*, el coruco *Potamarius nelsoni*. Especies de insectos con valor comercial: *Archaeoprepona demophoon gulina, Callipogon barbatum, Eurytides lacandones, Megasoma elephas, Parides sesostris zestos, Protesilaus protesilaus macrosilaus*. Cultivos de maíz, chile, frijol, calabaza, yuca, ajonjolí, plátano, café y caña de azúcar. Actividad pecuaria de bovinos, porcinos, ovinos, avícola y apícola. Recolección de algunas especies silvestres de palmas *Chamaedorea* spp. y cambray y de plantas medicinales entre otras. Hay violación de vedas, cacería furtiva y un severo tráfico de fauna y flora. Además de la gran riqueza de especies y ecosistemas y de su contribución en la forma de servicios ecológicos, es de resaltar su potencial como fuente de recursos útiles. Extracción de leña y madera; agricultura itinerante y explotación petrolera.

Conservación: preocupa la deforestación intensiva, la contaminación y la posible pérdida de especies por explotación de carpas. Faltan estudios de la calidad y cantidad del agua y el arrastre de sólidos, así como de la biota en general. Ante la multitud de conflictos actuales y potenciales de esta zona, es necesario hacer una evaluación ecológica y social con la participación de todos los grupos que tienen intereses en ella, así como una ordenación ecológica. Debe controlarse la cantidad de asentamientos humanos en las zonas protegidas. Falta vigilancia para controlar el tráfico ilegal de especies por parte de las autoridades competentes. Comprende la Reserva de la Biosfera Lacantún y parte de Montes Azules, los Monumentos Naturales de Bonampak y Yaxchilán y el Área de Protección de Flora y Fauna Chan-Kin.

Grupos e instituciones: Instituto de Biología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geología, Instituto de Geografía, UNAM; El Colegio de la Frontera Sur; Universidad Autónoma de Chiapas; Comisión Nacional del Agua, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Instituto Nacional de Ecología, Semarnap; Instituto Nacional de Antropología e Historia; Instituto Nacional Indigenista; Instituto de Historia Natural de Chiapas.

93. RÍO SAN PEDRO

Estado(s): Tabasco **Extensión:** 1 317.55 km^2
Polígono: Latitud 17°52'12" - 17°15'00" N
Longitud 91°15'00" - 90°59'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos:
lóticos: río San Pedro.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos de tipo Gleysol, Vertisol y Feozem.
Características varias: clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 500-2 500 mm.
Principales poblados: Tiradero, Estación Bari, la Cuchilla, Nueva Esperanza, La Palma.
Actividad económica principal: ganadería y pesca.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia y pastizal cultivado. Flora característica: mojú *Brosimum alicastrum*, cajpoquí *Bumelia persimilis*, cedro rojo *Cedrela odorata*, coralillo *Cojoba arborea*, matabuey *Dussia cuscatlanica*, guanacaste *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus obtusifolia*, amates *Ficus* spp., citeito *Hasseltia guatemalensis*, *Hibiscus tiliaceus*, guapinol *Hymenaea courbaril*, totoposte *Licania arborea*, chicozapote *Manilkara zapota*, bálsamo *Myroxylon balsamum*, hormiguillo *Platymiscium dimorphandrum*, hormiguillo negro *Prunus guatemalensis*, zapoyolillo *P. salasii*, llorasangre *Pterocarpus rohrii*, mangle rojo *Rhizophora mangle*, tepenaguaste *Samanea saman*, la palma manaca *Scheelea preussii*, cuchillal *Schizolobium parahybum*, peine *Sloanea ampla*, castaño *Sterculia mexicana*, primavera *Tabebuia donnell-smithii*, volador *Terminalia amazonia*, *Thrinax radiata*, sacacera *Vatairea lundellii*, cacao volador *Virola guatemalensis*.
Aspectos económicos: actividad pesquera, petrolera y ganadera.
Problemática:
Modificación del entorno: grave deforestación para actividades ganaderas.
Contaminación: por actividad petrolera.
Uso de recursos: pesca del pez *Petenia splendida*.
Conservación: se desconoce la zona; falta información limnológica básica y listados florísticos y faunísticos.
Grupos e instituciones: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

94. CABECERA DEL RÍO CANDELARIA

Estado(s): Campeche **Extensión:** 1 023.43 km^2
Polígono: Latitud 18°20'24" - 18°01'12" N
Longitud 91°19'12" - 90°54'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: humedales.
lóticos: río Candelaria.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos de tipo Gleysol, Vertisol y Rendzina.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1 200-2 000 mm.
Principales poblados: Candelaria, San Antonio.
Actividad económica principal: ganadería.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta y baja perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva baja subperennifolia, sabana, palmar inundable, tular, vegetación ribereña y pastizal cultivado. Flora caracte-

rística: espino *Acacia pennatula*, tasiste *Acoelorrhaphe wrightii*, *Annona glabra*, gorgojo *Ateleia pterocarpa*, *Bactris balanoidea*, mojú *Brosimum alicastrum*, pucté *Bucida buceras*, cajpoquí *Bumelia persimilis*, nanche *Byrsonima crassifolia*, *Cameraria latifolia*, *Coccoloba reflexiflora*, coralillo *Cojoba arborea*, jícaras *Crescentia cujete* y *C. alata*, cacaíto *Curatella americana*, *Dalbergia glabra*, matabuey *Dussia cuscatlanica*, guanacaste *Enterolobium cyclocarpum*, *Eugenia lundellii*, amates *Ficus* spp., palo de tinta *Haematoxylum campechianum*, *Hampea trilobata*, citeito *Hasseltia guatemalensis*, guapinol *Hymenaea courbaril*, *Hyperbaena winzerlingii*, totoposte *Licania arborea*, chicozapote *Manilkara zapota*, chechén *Metopium brownei*, bálsamo *Myroxylon balsamum*, hormiguillo negro *Prunus guatemalensis*, zapoyolillo *P. salasii*, llorasangre *Pterocarpus rohrii*, tepenaguaste *Samanea saman*, cuchillal *Schizolobium parahybum*, la palma manaca *Scheelea preussii*, peine *Sloanea ampla*, castaño *Sterculia mexicana*, primavera *Tabebuia donnell-smithii*, el volador *Terminalia amazonia*, sacacera *Vatairea lundellii*, cacao volador *Virola guatemalensis*.
Aspectos económicos: ND.
Problemática:
Modificación del entorno: ND.
Contaminación: ND.
Uso de recursos: ND.
Conservación: se desconoce la zona; falta información limnológica básica y listados faunísticos y florísticos.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Universidad de Campeche.

95. SUR DE CAMPECHE

Estado(s): Campeche — Extensión: 7 072.87 km^2
Polígono: Latitud 18°34'48" - 17°49'12" N
Longitud 90°51'36" - 89°46'12" W

Recursos hídricos principales
léniticos: lago Noh.
lóticos: río Candelaria.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos tipo Rendzina.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1 200-2 000 mm.
Principales poblados: La Libertad, Francisco Escárcega.
Actividad económica principal: agrícola, ganadera, forestal y chiclera.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia y subcaducifolia, sabana y tular. Flora característica: *Ardisia spicigera*, mojú *Brosimum alicastrum*, pucté *Bucida buceras*, mulato *Bursera simaruba*, *Caesalpinia mollis*, *C. yucatanensis*, *Cecropia schreberiana*, cedro rojo *Cedrela odorata*, *Cenchrus echinatus*, *Chamaedorea seifrizii*, carberi *Coccoloba cozumelensis*, *Cochlospermum vitifolium*, *Croton reflexifolius*, *Cryosophilla argentea*, *Dorstenia contrajerva*, *Eugenia buxifolia*, amate *Ficus cookii*, *Gliricidia sepium*, *Jatropha gaumeri*, gusano *Lonchocarpus hondurensis*, *L. yucatanensis*, algodoncillo *Luehea candida*, *Lysiloma latisiliqua*, *Malmea depressa*, chicozapote *Manilkara zapota*, chechén *Metopium brownei*, *Olyra yucatana*, *Orbignya cohune*, *Ouratea lucens*, *Sabal yapa*, *Spondias mombin*, primavera *Tabebuia donnell-smithii*, *Talisia olivaeformis*, *Vitex gaumeri*. Endemismo de plantas como *Acacia dolichostachya*, *A. gaumeri*, *Anthurium tetragonum*, *Beaucarnea ameliae*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Eugenia winzerlingii*, *Furcraea cahum*, *Guettarda gaumeri*, *Jacquinia flammea*, *Jatropha gaumeri*, *Machaonia lindeniana*, *Neomillspaughia emarginata*, *Pithecellobium albicans*, *Randia truncata*, *Samyda yucatanensis*, orquídeas y bromeliáceas. Especies amenazadas: de plantas *Acacia dolichostachya*, *Bravaisia integerrima*, *Calasetum maculatum*, *Campyloneurum phyllitidis*, *Chamaedorea neurochlamys*, *C. seifrizii*, *Cordia dodecandra*, *Cryosophila argentea*, *Encyclia cochleata*, *Epidendrum stamfordianum*, *Gaussia maya*, *Opsiandra maya*, *Maxillaria tenuifolia*, *Oncidium sphacelatum*, *Psygmorchis pusilla*, *Tillandsia festucoides*, *Zamia loddigesii*; de reptiles la boa *Boa constrictor*, el cocodrilo de pantano *Crocodylus moreleti*, iguana rayada *Ctenosaura similis*;

de aves el loro de frente blanca *Amazona albifrons*, el loro de frente roja *Amazona autumnalis*, el loro yucateco *Amazona xantholora*, la anhinga *Anhinga anhinga*, el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, la totolaca *Aramus guarauna*, el chinito americano *Bombycilla cedrorum americana*, el cardenal norteño *Cardinalis cardinalis*, el guau *Claudius angustatus*, el hocofaisán *Crax rubra*, el bolsero cuculado *Icterus cucullatus*, el bolsero de Altamira *I. gularis*, la cigüeña americana *Mycteria americana*, el loro de orejas rojas *Pionopsitta haematotis*, el loro de corona blanca *Pionus senilis*, el tucancillo collarejo *Pteroglossus torquatus*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus*, el zopilote rey *Sarcoramphus papa*; de mamíferos el mono aullador *Alouatta palliata*, el mono araña *Ateles geoffroyi*, el puercoespín *Coendou mexicanus*, el grisón *Galictis vittata*, el jaguarundi *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, la nutria *Lutra longicaudis*, el temazate *Mazama americana*, el jaguar *Panthera onca*, el tlacuache de cuatro ojos *Philander opossum*, el puma *Puma concolor*, el hormiguero arborícola *Tamandua mexicana*, el tapir *Tapirus bairdii*, el pecarí de labios blancos *Tayassu pecari*. En esta región ocurren las mayores poblaciones de estas especies amenazadas.
Aspectos económicos: agricultura (cultivos de maíz, frijol, calabaza, chile), ganadería menor, apicultura, actividad forestal y chiclera.
Problemática:

Modificación del entorno: incendios, deforestación, explotación incontrolada de los recursos naturales, construcción de carreteras y nuevos asentamientos humanos.

Contaminación: ND.

Uso de recursos: anfibios y vertebrados en riesgo. Producción de chicle. Cacería furtiva. Saqueo de madera y tráfico ilegal de flora y fauna silvestres.

Conservación: falta conocimiento limnológico de la zona. Preocupa la deforestación, nuevas colonizaciones, la construcción de carreteras y sus consecuencias como la posible interrupción del flujo genético peninsular.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Universidad de Campeche.

96. CALAKMUL

Estado(s): Campeche **Extensión:** 4 171.03 km^2
Polígono: Latitud 18°36'00" - 17°48'36" N
Longitud 90°09'00" - 89°21'00" W

Recursos hídricos principales

lénticos: charcas temporales.

lóticos: pozos, corrientes subterráneas.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: tipos de suelo Regosol y Rendzina.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1 000-1 500 mm.

Principales poblados: Zoh Laguna, Xpujil.

Actividad económica principal: agrícola, ganadera, forestal y chiclera.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta subperennifolia, selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja subperennifolia, sabana, vegetación acuática y matorral espinoso. Flora característica: *Brosimum alicastrum*, pucté *Bucida buceras*, *Bursera simaruba*, *Caesalpinia yucatanensis*, *Cedrela odorata*, *Cenchrus echinatus*, *Chamaedorea seifrizii*, *Coccoloba cozumelensis*, *Croton reflexifolius*, *Cryosophilla argentea*, *Diospyros anisandra*, *Dorstenia contrajerva*, *Eugenia buxifolia*, *Haematoxylum campechianum*, *Lonchocarpus* sp., *L. yucatanensis*, *Lysiloma latisiliqua*, *Malmea depressa*, chicozapote *Manilkara zapota*, chechén *Metopium brownei*, *Nymphaea ampla*, *Olyra yucatana*, *Orbignya cohune*, *Ouratea lucens*, *Pistia stratiotes*, *Rhipidocladum racemiflorum*, *Sabal yapa*, *Salvinia auriculata*, *Stemmadenia donnell-smithii*, *Talisia olivaeformis*, *Vitex gaumeri*; de aves el loro de frente blanca *Amazona albifrons*, el loro de frente roja *A. autumnalis*, la anhinga *Anhinga anhinga*, el chinito americano *Bombycilla cedrorum americana*, el cardenal norteño *Cardinalis*

cardinalis, el guau *Claudius angustatus*, el hocofaisán *Crax rubra*, el bolsero cuculado *Icterus cucullatus*, el bolsero de Altamira *I. gularis*, el loro de orejas rojas *Pionopsitta haematotis*, el loro de corona blanca *Pionus senilis*, el tucancillo collarejo *Pteroglossus torquatus*. Endemismo de plantas como *Acacia dolichostachya*, *A. gaumeri*, *Anthurium tetragonum*, *Beaucarnea ameliae*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Eugenia winzerlingii*, *Furcraea cahum*, *Guettarda gaumeri Hintonia octomera*, *Jacquinia flammea*, *Jatropha gaumeri*, *Machaonia lindeniana*, *Neomillspaughia emarginata*, *Pithecellobium albicans*, *Randia truncata*, *Samyda yucatanensis*, *Vitex gaumeri*, orquídeas y bromeliáceas; de aves *Agriocharis ocellata*, colibrí vientre-canelo *Amazilia yucatanensis*, el loro yucateco *Amazona xantholora*, el carpintero yucateco *Centurus pygmaeus*, la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus*, granatelo yucateco *Granatellus sallaei*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el copetón yucateco *Myiarchus yucatanensis*, la pachacua yucateca *Nyctiphrynus yucatanicus*, *Piranga roseogularis*. Especies amenazadas: de plantas *Acacia dolichostachya*, *Bravaisia integerrima*, *Calasetum maculatum*, *Campyloneurum phyllitidis*, *Chamaedorea neurochlamys*, *C. seifrizii*, *Cordia dodecandra*, *Cryosophila argentea*, *Encyclia cochleata*, *Epidendrum stamfordianum*, *Gaussia maya*, *Maxillaria tenuifolia*, *Oncidium sphacelatum*, *Opsiandra maya*, *Psygmorchis pusilla*, *Tillandsia festucoides*, *Zamia loddigesii*; de reptiles la boa *Boa constrictor*, el cocodrilo de pantano *Crocodylus moreleti*, la iguana rayada *Ctenosaura similis*; de aves la totolaca *Aramus guarauna*, la tucaneta verde *Aulacorhynchus prasinus*, *Buteo albicaudatus*, el aguililla gris *B. nitidus*, *Cairina moschata*, *Circus cyaneus*, *Falco columbarius*, *Geranospiza caerulescens*, el bolsero cuculado *Icterus cucullatus*, la cigüeña jabirú *Jabiru mycteria*, la cigüeña americana *Mycteria americana*, *Oxyura dominica*, *Penelope purpurascens*, *Pulsatrix perspicillata*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus*, el zopilote rey *Sarcoramphus papa*, el búho café *Strix virgata*, el chipe encapuchado *Wilsonia citrina*; de mamíferos el mono aullador *Alouatta palliata*, el mono araña *Ateles geoffroyi*, el puercoespín *Coendou mexicanus*, el grisón *Galictis vittata*, el jaguarundi *Herpailurus yagouaroundi*, el temazate *Mazama americana*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, la nutria *Lutra longicaudis*, el jaguar *Panthera onca*, el marsupial tlacuache de cuatro ojos *Philander opossum*, el puma *Puma concolor*, el hormiguero arborícola *Tamandua mexicana*, el tapir *Tapirus bairdii* y el pecarí de labios blancos *Tayassu pecari*. En esta región ocurren las mayores poblaciones de estas especies amenazadas. Diversidad de hílidos y tortugas de agua dulce *Rana brownorum* y *Rana vaillanti* indicadoras de aguas limpias.

Aspectos económicos: agricultura (cultivos de maíz, frijol, calabaza, chile), ganadería menor, apicultura, actividades forestal y chiclera.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación, construcción de carreteras, incendios, crecimiento demográfico.

Contaminación: ND.

Uso de recursos: anfibios y vertebrados en riesgo. Producción de chicle. Cacería deportiva. Saqueo de madera y tráfico ilegal de flora y fauna silvestres. Especie introducida de lirio acuático *Eichhornia crassipes*.

Conservación: preocupa la deforestación, nuevas colonizaciones, la construcción de carreteras y sus consecuencias como la posible interrupción del flujo genético peninsular. Comprende la Reserva de la Biosfera Calakmul.

Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Programa ECOMAT de la Universidad de Campeche; Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Instituto Nacional de Ecología, Semarnap.

97. CABECERA DEL RÍO CHAMPOTÓN

Estado(s): Campeche Extensión: 1 718.46 km^2

Polígono: Latitud 18°52'48" - 18°27'36" N

Longitud 90°04'48" - 89°37'12" W

Recursos hídricos principales

lénticos:

lóticos: río Champotón.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: suelos tipo Vertisol, Litosol y Regosol.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 100-1 500 mm.

Principales poblados: Pustunich.

Actividad económica principal: explotación forestal.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja inundable, matorral espinoso, sabana y pastizal cultivado. Flora característica: pucté *Bucida buceras,* palo de tinta *Haematoxylum campechianum,* chechén *Metopium brownei.* Fauna característica: de crustáceos el decápodo *Typhlatya pearsei* y el palemónido *Creaseria morleyi* que habitan en grutas y cenotes. Endemismo de crustáceos como el anfípodo *Mayaweckelia yucatanensis* y el decápodo *Typhlatya campecheae.*
Aspectos económicos: explotación forestal.
Problemática:

Modificación del entorno: explotación de los recursos naturales, incendios, nuevas colonizaciones y construcción de carreteras.

Contaminación: ND.

Uso de recursos: uso maderable.

Conservación: falta investigación.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Universidad de Campeche; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN.

98. BOCA DEL RÍO CHAMPOTÓN

Estado(s): Campeche **Extensión:** 730.92 km^2
Polígono: Latitud 19°24'00" - 19°05'24" N
Longitud 90°43'12" - 90°23'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos:

lóticos: río Champotón y arroyos.

Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos tipo Vertisol, Gleysol y Litosol.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 100-1 500 mm.

Principales poblados: Champotón.

Actividad económica principal: pesca y agricultura.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja inundable, palmar inundable, matorral espinoso, sabana y pastizal cultivado. Vegetación característica: tasiste *Acoelorrhaphe wrightii, Annona glabra, Bactris balanoidea, B. mexicana,* pucté *Bucida buceras, Dalbergia glabra,* palo de tinta *Haematoxylum campechianum,* chechén *Metopium brownei.* Fauna característica: de crustáceos como el palemónido *Creaseria morleyi* y el decápodo *Typhlatya pearsei* que habitan en grutas y cenotes. Endemismo de crustáceos como el anfípodo *Mayaweckelia yucatanensis* y el decápodo *Typhlatya campecheae.*
Aspectos económicos: pesquerías de lisa, sierra y robalo Centropomus undecimalis. Industria azucarera
Problemática:

Modificación del entorno: modificación de la vegetación natural.

Contaminación: por aguas residuales domésticas y descargas del ingenio azucarero.

Uso de recursos: especies introducidas de tilapia *Oreochromis mossambicus* y pesca ilegal.

Conservación: se necesita un control para los contaminantes, la deforestación y el cuidado de la biota. Faltan estudios de la calidad del agua listados florísticos y faunísticos.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Universidad de Campeche.

99. LAGUNA CHICHANCANAB

Estado(s): Quintana Roo y Yucatán **Extensión:** 627.88 km²
Polígono: Latitud 20°01'37" - 19°42'14" N
Longitud 88°51'25" - 88°34'40" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lagunas Chichancanab y Esmeralda.
lóticos:
Limnología básica: salinidad: 2.4 g/l.
Geología/edafología: suelos tipo Vertisol, Luvisol y Rendzina.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 100-1 200 mm.
Principales poblados: José Ma. Morelos, Dziuché, Bulukax.
Actividad económica principal: pesca y agricultura.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta subperennifolia, selva mediana subperennifolia, pastizal cultivado. Flora característica: *Conocarpus erectus*. Fauna característica: de crustáceos como el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*, el palemónido *Creaseria morleyi*, el anfípodo *Mayaweckelia cenoticola*, los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei*; de peces *Anguilla rostrata, Gambusia sexradiata, G. yucatana, Poecilia orri, Rhamdia guatemalensis*; de aves el loro yucateco *Amazona xantholora, Aramus guarauna, Buteogallus anthracinus, Cathartes burrovianus, Crax rubra, Falco rufigularis, Helmitheros swainsonii, Penelope purpurascens, Sarcoramphus papa*, el chipe encapuchado *Wilsonia citrina*. Endemismo de peces *Cyprinodon beltrani, C. labiosus, C. maya, C. simus, C. verecundus, Poecilia velifera, Ogilbia pearsei y Ophisternon infernale*. Todas estas especies se encuentran amenazadas. La introducción de tilapia ha provocado la reducción de las poblaciones endémicas de peces.
Aspectos económicos: pesca y agricultura.
Problemática:
Modificación del entorno: quema de vegetación ribereña para ser sustituida por andadores de piedra y concreto, lo que elimina microhábitats críticos para muchas especies.
Contaminación: por materia orgánica y agroquímicos.
Uso de recursos: introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus*.
Conservación: se requiere un control de la tilapia y la conservación de las especies afectadas. Faltan estudios en cuanto a la relación de aguas subterráneas y cuencas vecinas; así como listados florísticos y faunísticos.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Amigos de Sian Ka'an; Universidad de Quintana Roo; Instituto Tecnológico de Chetumal; Universidad de Michigan y Universidad de Hamburgo.

100. CONO SUR - PETO

Estado(s): Yucatán **Extensión:** 1 076.47 km²
Polígono: Latitud 20°08'24" - 19°43'12" N
Longitud 89°27'00" - 89°03'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: cenotes.
lóticos: aguas subterráneas.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos tipo Luvisol y Litosol.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 000-1 200 mm.

Principales poblados: Peto, Tahoziú, Tzucacab.
Actividad económica principal: agrícola y ganadera.
Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta subperennifolia, selva mediana subperennifolia y subcaducifolia, pastizal cultivado y acahuales. Fauna característica: de crustáceos como el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*, el palemónido *Creaseria morleyi*, el anfípodo *Mayaweckelia cenoticola*, los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei;* de peces *Anguilla rostrata, Gambusia yucatana, Rhamdia guatemalensis.* Endemismo de peces *Ogilbia pearsei y Ophisternon infernale.*

Aspectos económicos: producción agrícola y ganadera.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación por la agricultura tecnificada y extracción de madera.
Contaminación: por agroquímicos.
Uso de recursos: tráfico ilegal de madera.

Conservación: se necesita regular el uso de agroquímicos; no se conoce el impacto de éstos en los mantos freáticos. Faltan listados florísticos y faunísticos.

Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geografía, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; DUMAC; Comisión Nacional del Agua, Semarnap.

101. ZONA CITRÍCOLA

Estado(s): Yucatán **Extensión:** 678.06 km^2

Polígono: Latitud 20°27'36" - 20°09'00" N
Longitud 89°18'36" - 88°58'48" W

Recursos hídricos principales

lénticos: cenotes.
lóticos: aguas subterráneas.

Limnología básica: ND.

Geología/edafología: suelos tipo Litosol, Rendzina, Luvisol y Cambisol.

Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 000-1 200 mm.

Principales poblados: Hoctún, Izamal, Huhi.
Actividad económica principal: cultivos de cítricos.
Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia. Fauna característica: de crustáceos, el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*, el palemónido *Creaseria morleyi*, el anfípodo *Mayaweckelia cenoticola*, los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei;* de peces *Anguilla rostrata, Gambusia yucatana, Rhamdia guatemalensis.* Endemismo de peces *Ogilbia pearsei y Ophisternon infernale.*

Aspectos económicos: agricultura.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación y extracción de agua.
Contaminación: por agroquímicos.
Uso de recursos: el riego es fundamental para la zona citrícola; los impactos por contaminación del agua tienen efectos en la zona norte.

Conservación: debe frenarse la contaminación excesiva y regularse el manejo del agua. Faltan estudios de la química y dinámica del agua.

Grupos e instituciones: no se conocen.

102. ANILLO DE CENOTES

Estado(s): Yucatán Extensión: 16 214.82 km^2
Polígono: Latitud 21°37'48" - 19°48'36" N
Longitud 90°29'24" - 87°15'36" W

Recursos hídricos principales
lénticos: cenotes, lagunas costeras, marismas, ciénegas, petenes.
lóticos: ríos y una extensa cuenca criptorréica de aguas subterráneas (Anillo de cenotes).
Limnología básica: agua dulce sobre agua salada a 40 m de profundidad.
Geología/edafología: suelos tipo Rendzina, Litosol, Solonchak y Regosol.
Características varias: clima seco muy cálido, semiseco semicálido y cálido subhúmedo, todos con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 400-1 100 mm. Vientos Alisios del SE. Frecuente ocurrencia de huracanes entre junio y diciembre.

Principales poblados: Campeche, Sisal, Umán, Mérida, Tizimín, Motul, Progreso, Ría Lagartos, Dzilam, Celestún.

Actividad económica principal: pesca, agricultura, avicultura, ganadería y turismo, extracción de madera, apicultura y cacería.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: vegetación de dunas costeras, manglar, tular, carrizal, tasistales, vegetación riparia, palmar inundable, matorral espinoso inundable, selva mediana subcaducifolia, petenes, selva baja caducifolia, selva baja inundable, sabana, pastizal halófilo, cultivado y natural. Diversidad de hábitats: dunas costeras, lagunas costeras, áreas palustres, cenotes, petenes. Flora característica: de manglares negro *Avicennia germinans*, blanco *Laguncularia racemosa* y rojo *Rhizophora mangle*, de pastos marinos *Halodule beaudettei, Syringodium filiforme, Thalassia testudinum,* además de cactus *Acanthocereus tetragonus*, tasiste *Acoelorrhaphe wrightii*, bab-ki *Agave angustifolia*, sisal *A. sisalana, Annona glabra, Bactris balanoidea, B. mexicana, Batis maritima, Bathophora oerstedi*, julubal *Bravaisia tubiflora*, pucté *Bucida buceras*, chacá *Bursera simaruba, Byrsonima crassifolia, Caulerpa cupressoides, C. paspaloides, C. prolifera, C. racemosa, C. sertularioides, Ceiba aesculifolia, Chara fibrosa, Cladium jamaicense, C. mariscus,* uva de mar *Coccoloba uvifera, Coccothrinax readii,* palma de coco *Cocos nucifera tasiste*, botoncillo *Conocarpus erectus*, jícaro *Crescentia cujete*, mucal *Dalbergia brownei, D. glabra,* zacate salado *Distichlis spicata, Echites yucatanensis, Eleocharis cellulosa, E. mutata, Ficus tecolutlensis, Guaiacum sanctum,* palo de tinte *Haematoxylum campechianum*, riñonina *Ipomoea pes-caprae, Lantana involucrata, Lemaireocereus griseus,* dzalám *Lysiloma latisiliqua, Malvaviscus arboreus,* chicozapote *Manilkara zapota,* chechén *Metopium brownei*, el zarzal *Mimosa pigra, Nopalea gaumeri, Nymphaea ampla*, nopal *Opuntia stricta dillenii, Phragmites australis,* flor de mayo *Plumeria obtusa, Pterocereus gaumeri, Roystonea regia, Salicornia bigelovii, Scirpus lacustris, Sesuvium portulacastrum, Sporolobus virginicus, Suaeda linearis, Thevetia ovata,* tule *Typha domingensis*. La flora fitoplanctónica de los cenotes generalmente está dominada por diatomeas como *Amphora ovalis, Cocconeis placentula, Cyclotella meneghiniana, Cymbella turgida, Diploneis puella, Eunotia maior, E. monodon, Gomphonema angustatum, G. lanceolatum, Nitzchia scalaris, Synedra ulna* y *Terpsinoe musica*. Fauna característica: de moluscos *Drymaeus cucullus, D. multilineatus, Polygra cereolus carpentereana*; de rotíferos *Keratella americana, Lecane aculeata, L. furcata, L. luna, Polyarthra vulgaris*; de ostrácodos *Candonocypris serratomarginata, Chlamydotheca mexicana, Cypridopsis niagrensis, C. rhomboidea, Cyprinotus putei, C. symmetricus, Darwinula stevensoni, Eucypris cisternina, E. serratomarginata, Herpetocypris meridiana, Metacypris americana, Stenocypris fontinalis, Strandesia intrepida* y *S. obtusata*; de copépodos *Arctodiaptomus dorsalis, Diacyclops* sp., *Macrocyclops albidus, Mastigodiaptomus albuquerquensis, M. nesus, Mesocyclops* sp., *Schizopera* sp., *Thermocyclops inversus, Tropocyclops extensus, T. parcinus, Tropocyclops prasinus* aff. *aztequei, Leptodiaptomus novamexicanus* y *Pseudodiaptomus marshi*; de anfípodos *Hyalella azteca* y *Quadrivisio lutzi*; de misidáceos *Antromysis (Antromysis) cenotensis*; de isópodos *Creaseriella anops*; de decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei*; de palemónidos *Creaseria morleyi;* de peces *Anguilla rostrata, Archosargus rhomboidalis, Arius melanopus, Astyanax altior, Belonesox belizanus, Cichlasoma friedrichsthali, C. robertsoni, C. salvini, C. synspilum, C. urophthalmus, Cyprinodon artifrons, Floridichthys polyommus, Fundulus grandissimus, Gambusia yucatana, Garmanella pulchra, Heterandria bimaculata, Menidia colei, Orthopristis crysoptera, Petenia splendida, Poecilia mexicana, P. orri, P. petenensis, P. velifera, Rhamdia gua-*

temalensis, Thorichthys meeki. de reptiles y anfibios la serpiente mocasín cantil *Agkistrodon bilineatus, Ameiva undulata, Anolis rodriguezi, Basiliscus vittatus, Boa constrictor, Bothrops asper, Bufo marinus, B. valliceps, Cnemidophorus angusticeps, Coleonyx elegans, Coniophanes imperialis,* los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti, Crotalus durissus, Drymobius margaritiferus, Elaphe triaspis, Fecimia pubha, Hyla loquax, H. microcephala, H. staufferi, Hypopachus variolosus, Iguana similis, Kinosternon scorpioides, K. subrubrus, Lepidochelys kempii, Leptophis mexicanus, Micrurus diastema, Oxybelis fulgidus, Phrynohyas venulosa, Pseudemys scripta, Rana berlandieri, Rhinoclemmys areolata, Smilisca baudinii, Stenorrhina freminvillei, Terrapene mexicana yucatana, Tripion petasatus*; de aves *Aramus guarauna, Aythya affinis*, la garza blanca *Casmerodius albus*, de distribución restringida la codorniz cotuí yucateca *Colinus nigrogularis*, las gaviotas *Larus dominicanus* y *L. fuscus*, la garza rosada *Nycticorax violaceus*, el pelícano café *Pelecanus occidentalis*, el cormorán *Phalacrocorax olivaceus, Polioptila albiloris albivenfro*, el vireo yucateco *Vireo magister,* la paloma *Zenaida aurita*; de mamíferos *Agouti paca, Bassariscus sumichrastri, Dasyprocta mexicana, Eira barbara, Mazama americana,* venado cola blanca *Odocoileus virginianus, Pecari tajacu, Potos flavus, Procyon lotor.* Endemismos de plantas *Acacia gaumeri, Cephalocereus gaumeri, Coccothrinax readii, Enriquebeltrania crenatifolia, Exostema caribaeum, Eragrostis yucatana, Mammillaria gaumeri, Matelea yucatanensis, Spermacoce confusa, Pseudophoenix sargentii*; de anfípodos *Mayaweckelia cenoticola*; de peces *Cichlasoma urophthalmus mayorum, C. urophthalmus zebra, Ogilbia pearsei, Ophisternon infernale, Poecilia velifera, Rhamdia guatemalensis, R. guatemalensis decolor, R. guatemalensis depressa, R. guatemalensis sacrificii, R. guatemalensis stygaea;* de anfibios y reptiles *Agkistrodon bilineatus, Anolis lemurinus, Bolitoglossa yucatana, Coniophanes schmidti, Hemidactylus turcicus, Laemanctus serratus, Leptodactylus labialis, L. melanonotus, Mabuya brachypoda, Mastigodryas melanoomus, Norops sagrei, Pseudemys scripta, Rhynophrynus dorsalis, Sceloporus serrifer, Sibon sanniola, Thecadactylus rapicaudus;* de aves el pavo ocelado *Agriocharis ocellata,* el loro yucateco *Amazona xantholora,* la matraca yucateca *Campylorhynchus yucatanicus*, el carpintero yucateco *Centurus pygmaeus,* la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus*, el colibrí tijereta *Doricha eliza*, el bolsero yucateco *Icterus auratus,* el copetón yucateco *Myiarchus yucatanensis,* la pachacua yucateca *Nyctiphrynus yucatanicus.* Todas las especies mencionadas anteriormente están amenazadas por aislamiento, fragmentación del hábitat, desarrollo urbano y contaminación. Otras especies amenazadas de plantas son la agavácea *Beaucarnea pliabilis*, la boraginácea siricote *Cordia dodecandra,* las palmas *Pseudophoenix sargentii, Sabal gretheriae, Thrinax radiata* y la orquidácea *Rhyncholaelia digbyana*; existen sitios de anidación para especies protegidas de tortugas caguama *Caretta caretta,* blanca *Chelonia mydas*, laúd *Dermochelys coriacea* y carey *Eretmochelys imbricata*, y de reptiles como la boa *Boa constrictor*, los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti*, la iguana rayada *Ctenosaura similis;* de aves el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, el loro de frente blanca *Amazona albifrons*, el loro de frente roja, *A. autumnalis,* el loro yucateco *A. xantholora, Anas acuta, A. discors,* el chovac *Anhinga anhinga*, el ralón cuellirufo *Aramides axillaris*, la grullita *Aramus guarauna, Aythya affinis, Buteo albicaudatus, B. nitidus, B. jamaicensis, B. magnirostris, Buteogallus anthracinus, B. urubitinga,* el cardenal *Cardinalis cardinalis*, el zopilote cabeza amarilla *Cathartes burrovianus,* el pijijí cantor *Charadrius melodus, Circus cyaneus,* la garza rojiza *Egretta rufescens,* el halcón peregrino *Falco peregrinus, F. rufigularis, Geranospiza caerulescens, Glaucidium brasilianum,* el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el bolsero cuculado *I. cucullatus,* el bolsero de Altamira *I. gularis*, el kuká *Ixobrycus exilis*, el jabirú *Jabiru mycteria*, la cigüeña americana *Mycteria americana,* los flamencos rosado *Phoenicopterus roseus* y americano *Phoenicopterus ruber,* el panch'el *Pteroglossus torquatus*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus, Rostrhamus sociabilis, Sarcoramphus papa, Spizaetus tyrannus*, la golondrina marina *Sterna antillarum*; de mamíferos el mono araña *Ateles geoffroyi*, el saraguato negro *Alouatta pigra*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, el tejón *Nasua narica*, el jaguar *Panthera onca*, el manatí *Trichechus manatus.* Especies posiblemente extintas: el cíclido *Cichlasoma urophthalmus conchitae* y *C. urophthalmus ericymba.* Áreas de anidación para el flamenco rosado y otras aves marinas migratorias y de concentración excepcional del merostomado *Limulus polyphemus.*

Aspectos económicos: Mérida: industria, turismo y transporte. Ecoturismo de alto impacto. Explotación petrolera, maderable, salinera, industrial y termoeléctrica. Agricultura, avicultura, pesca, extracción de madera, apicultura y ganadería. Pesquerías de jaiva y camarón. Cacería furtiva.

Problemática:

Modificación del entorno: extracción inmoderada de agua y deforestación. Pérdida de la vegetación, sobrepastoreo, destrucción de dunas costeras por efecto de la industria salinera, construcción de carreteras, bordos y diques, azolve, desecación y desarrollo de infraestructura portuaria. Incendios producidos por

prácticas de tumba, roza y quema y actividad ganadera. Crecimiento urbano que ocasiona relleno de zonas inundables y destrucción del manglar.

Contaminación: por materia orgánica y metales pesados. Escurrimientos agrícolas con agroquímicos y aguas negras. Contaminación del manto freático. En Mérida: residuos orgánicos y patógenos (contaminación urbana e industrial).

Uso de recursos: petróleo, termoeléctrica, cacería furtiva, pesca ribereña y artesanal de mero *Epinephelus morio*, pulpo *Octopus maya* y *O. vulgaris*, langosta *Panulirus argus*, huachinango *Lutjanus campechanus*, robalo *Centropomus undecimalis*, camarón, mojarra *Calamus campechanus*, lisa *Mugil* sp., carito *Scomberomorus cavalla, S. maculatus*, bagre *Arius melanopus*, jurel *Caranx* sp. *Seriola* sp., corvina *Cynoscion nebulosus, C. arenarius* y caracol *Strombus gigas*; acuicultura, agricultura, ganadería, apicultura y ecoturismo. Producción de sal y cultivos de palma de coco.

Conservación: preocupa la extracción inmoderada de agua, la modificación de los flujos de agua y la contaminación de las aguas subterráneas. Se requiere del control de contaminantes en Mérida y en los cenotes. Se requieren, también, de estudios de microtopografía de las cuencas, gasto en petenes y listas de vegetación acuática e insectos. Conservación Internacional y la Convención de Ramsar señalan a Ría Lagartos como humedal prioritario por ser un sistema complejo de pequeños estuarios, lagunas costeras hipersalinas, manglares y una barra de dunas de arena. Comprende la reserva estatal de Dzilam, las Reservas Especiales de la Biosfera Ría Celestún y Ría Lagartos y el Parque Nacional Dzilbilchaltún.

Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geografía, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; DUMAC; Comisión Nacional del Agua, Semarnap; Yumbalam, A.C.; Biocenosis; Instituto Nacional de Antropología e Historia.

103. CONTOY

Estado(s): Quintana Roo — **Extensión:** 2 785.2 km^2

Polígono: Latitud 21°48'00" - 20°53'24" N
Longitud 87°21'00" - 86°47'24" W

Recursos hídricos principales

lénticos: Laguna Yalaháu y Chacmochuk, lagunas costeras, ciénegas.

lóticos: aguas subterráneas.

Limnología básica: Es la reserva de acuíferos más importante del noreste de la península de Yucatán. El agua subterránea forma todo un sistema de estructuras tipificadas por los cenotes y las cavernas. Las sabanas inundables propician el escurrimiento y la captación de agua de lluvia.

Geología/edafología: suelos tipo Regosol, Gleysol, Litosol, Luvisol, Rendzina y Solonchak (rocas sedimentarias calcáreas), muy planos; la hidrografía se regula con la microtopografía.

Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 800-1 100 mm, con alta evaporación. Vientos Alisios del SE al NW.

Principales poblados: Cabo Catoche, Isla Holbox, Contoy, Punta Arena, Kantunil.

Actividad económica principal: ganadería, agricultura tradicional, turismo, pesca, cacería, apicultura, explotación forestal y de sal.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva baja perennifolia, selva baja inundable, palmar inundable, manglar, vegetación de dunas costeras, pastizal cultivado, sabana, tintal y tular. Diversidad de hábitats: dunas costeras, humedales, petenes, playas, estuarios y pastos marinos. La zona está considerada como una de las de mayor diversidad biológica y de endemismos. Flora característica: tasiste *Acoelorrhaphe wrightii*, *Annona glabra, Bactris balanoidea, B. mexicana*, ramón *Brosimum alicastrum*, chaca *Bursera simaruba*, nanche *Byrsonima crassifolia*, cedro *Cedrela mexicana*, palma *Coccothrinax readii*, jícaro *Crescentia cujete*, *Dalbergia glabra, Erythroxylum campechanium*, palo de campeche *Haematoxylum campechianum*, chicozapote *Manilkara zapota*, chechém *Metopium brownei*, *Paurotis wrightii*, palma *Pseudophoenix sargentii*, *Roystonea regia*, tule *Typha latifolia*, axnique *Vitex gaumeri*. Flora de Contoy: *Acanthocereus tetrago-*

nus, Ageratum littorale, Ambrosia hispida, Avicennia germinans, Borrichia frutescens, Bumelia americana, Caesalpinia vesicaria, Canavalia rosea, Capparis incana, Cenchrus echinatus, Cenchrus sp., *Coccoloba uvifera, Cocos nucifera tasiste, Conocarpus erectus, Cordia sebestena, Eustachys petraea, Fimbristylis thermalis, Guaiacum sanctum, Hymenocallis* sp., *Laguncularia racemosa, Opuntia stricta, Phyla nodiflora, Pisonia aculeata, Pithecellobium dulce, Rhizophora mangle, Sesuvium portulacastrum, Spartina spartinae, Sporolobus virginicus, Suriana maritima, Thrinax radiata, Trixis inula.* Fauna característica: de crustáceos como el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*; el palemónido *Creaseria morleyi*; el anfípodo *Mayaweckelia cenoticola*; los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei*; de peces *Anguilla rostrata, Astyanax aeneus, Cichlasoma synspilum, Poecilia latipinna*; de aves el chipe galán *Dendroica discolor*, el mímido negro *Dumetella glabrirostris*, el mosquero *Elaenia martinica*, la fragata magnífica *Fregata magnificens*, la paloma suelera pechiclara *Leptotila jamaicensis*, el cormorán *Phalacrocorax olivaceus*, la paloma *Zenaida aurita*. Contoy es sitio de anidación de gran relevancia de aves marinas y palustres como *Columba leucocephala, Egretta rufescens, E. thula, E. tricolor*, el halcón peregrino *Falco peregrinus*, el pelícano gris *Pelecanus occidentalis, Phalacrocorax auritus, Sterna anaethetus, S. antillarum* y de refugio y reproducción del bobo patas cafés *Sula leucogaster*. Además, se puede encontrar en esta región a los reptiles como las tortugas caguama *Caretta caretta*, blanca *Chelonia mydas*, de carey *Eretmochelys imbricata* y el cocodrilo *Crocodylus acutus*. Endemismo de plantas como *Acacia gaumeri, Cephalocereus gaumeri, Enriquebeltrania crenatifolia, Eragrostis yucatana, Mammillaria gaumeri, Nopalea gaumeri*; de peces *Archocentrus octofasciatus, Fundulus grandissimus, F. persimilis, Menidia colei, Ogilbia pearsei, Ophisternon infernale, Poecilia velifera*; de aves como la matraca yucateca *Campylorhynchus yucatanicus*, la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus*, el colibrí tijereta *Doricha eliza*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el copetón yucateco *Myiarchus yucatanensis* y el vireo yucateco *Vireo magister*. Especies amenazadas: de aves el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, la espátula rosada *Ajaia ajaja*, la cerceta aliazul *Anas discors*, la garza gigante *Ardea herodias occidentalis, Buteo jamaicensis, Buteogallus anthracinus, Charadrius melodus, Circus cyaneus*, el hocofaisán *Crax rubra*, las garzas *Egretta rufescens* y *E. thula*, el halcón peregrino *Falco peregrinus, Helmitheros swainsonii*, el jabirú *Jabiru mycteria, Mycteria americana*, el flamenco *Phoenicopterus ruber*, el zopilote rey *Sarcoramphus papa, Sterna antillarum*, el chipe encapuchado *Wilsonia citrina*; de reptiles los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti*, las tortugas caguama *Caretta caretta*, blanca *Chelonia mydas*, laúd *Dermochelys coriacea* y carey *Eretmochelys imbricata*; de mamíferos el mono aullador *Alouatta pigra*, el mono araña *Ateles geoffroyi*, el cacomixtle *Bassariscus sumichrasti*, el tlacuachillo dorado *Caluromys derbianus*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el jaguar *Panthera onca*, el puma *Puma concolor*, el oso hormiguero *Tamandua mexicana*, el temazate *Mazama americana*, el tapir *Tapirus bairdii*, el manatí *Trichechus manatus*. Zona de anidación y refugio para aves, de alimentación y reproducción para peces, tortugas y manatíes. Se estima que en el área se encuentra más del 80% de los vertebrados tetrápodos conocidos en la entidad.

Aspectos económicos: pesquería de peces como boquinetes, pargos, mojarra, jurel, corvinas, roncador blanco, lizeta, lisa, raya, picuda, bagre, macabí y crustáceos como langosta y camarón; existen recursos de sal. Potencial turístico creciente y actividad pecuaria. Explotación forestal incontrolada.

Problemática:

Modificación del entorno: asentamientos irregulares, sobrepastoreo por ganado. Zona fuertemente perturbada por ciclones, quemas no controladas, explotación forestal y pesca sin manejo adecuado. Amenazada fuertemente por crecimiento urbano y construcción de caminos. Intoducción de fauna exótica a la isla de Contoy.

Contaminación: ND.

Uso de recursos: uso de trampas no selectivas y tráfico ilegal de especies. Actividad forestal, turística, pesquera y pecuaria. Cacería furtiva. Saqueo de nidos de tortuga.

Conservación: Se recomienda conservar los mantos freáticos. Faltan conocimientos de plantas acuáticas e insectos y de la microtopografía de las cuencas. Comprende a la Reserva Especial de la Biosfera Isla Contoy, el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam y la reserva privada El Edén.

Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geografía, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; Instituto Nacional de Ecología, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Semarnap; Universidad de California - Riverside; Yum Balam, A. C.; Amigos de Sian Ka'an, A. C; Biosilva, A.C.; Gema, A.C.; Pronatura Península de Yucatán, A.C.; Universidad de Miami, Profauna, A.C.; The Nature Conservancy.

104. ISLA MUJERES

Estado(s): Quintana Roo **Extensión:** 181.66 km^2
Polígono: Latitud 21°15'00" - 20°55'48" N
Longitud 86°33'00" - 86°23'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lagunas costeras, cenotes.
lóticos: aguas subterráneas con una capa delgada de agua dulce.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos tipo Rendzinas.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 000-1 100 mm.
Principales poblados: Isla Mujeres.
Actividad económica principal: turismo, pesca y explotación de sal.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subcperennifolia selva baja caducifolia, selva baja subperennifolia, sabana, tular, manglar y praderas de pastos marinos. Flora característica: manglar negro *Avicennia germinans*, blanco *Laguncularia racemosa* y rojo *Rhizophora mangle,* pastos marinos de *Thalassia testudinum*. Endemismo de peces *Cyprinodon variegatus* ssp, *Gambusia puncticulata* ssp, *Poecilia velifera* spp., *Syngnathus scovelli makaxi* los cuales requiere de estudios y están amenazados.
Aspectos económicos: turismo, pesca y explotación de sal.
Problemática:
Modificación del entorno: impacto por turismo y por la industria salinera. Prácticamente no existen ya cuerpos de agua dulce.
Contaminación: ND.
Uso de recursos: pesca y explotación de sal.
Conservación: comprende la costa occidental de Isla Mujeres la cual está considerada dentro de la categoría de Parque Nacional.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura Península de Yucatán, A.C.; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geografía, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; DUMAC; Comisión Nacional del Agua, Instituto Nacional de Ecología, Semarnap.

105. CORREDOR CANCÚN - TULUM

Estado(s): Quintana Roo **Extensión:** 1 715 km^2
Polígono: Latitud 21°10'48" - 20°20'24" N
Longitud 87°28'12" - 86°44'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lagunas de Chakmochuk y Nichupté, cenotes, estuarios, humedales.
lóticos: aguas subterráneas.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: suelos tipo Litosol, Rendzina y Solonchak. Los suelos se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y fértil, que descansa sobre roca caliza.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 000-2 000 mm.
Principales poblados: Cancún, Playa del Carmen, Pto. Morelos, Tulum, Akumal, Xel-ha.
Actividad económica principal: turismo, forestal y pecuaria.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva baja perennifolia, selva baja inun-

dable, manglar, sabana, palmar inundable y vegetación de dunas costeras. Diversidad de hábitats: estuarios, humedales, dunas costeras, caletas, cenotes y playas. Flora característica: *Acacia globulifera,* tasiste *Acoelorrhaphe wrightii, Annona glabra, Atriplex cristata, Bactris balanoidea,* ramón *Brosimum alicastrum, Bucida buceras,* chaca *Bursera simaruba, Caesalpinia gaumeri, Cameraria latifolia, Capparis flexuosa, C. incana, Coccoloba reflexiflora, C. uvifera,* palma nakax *Coccothrinax readii, Cordia sebestena, Crescentia cujete, Curatella americana, Cyperus planifolius, Dalbergia glabra, Eugenia lundellii,* palo de tinte *Haematoxylum campechianum, Hampea trilobata, Hyperbaena winzerlingii, Ipomoea violacea,* chicozapote *Manilkara zapota,* chechén *Metopium brownei, Pouteria campechiana, P. chiricana,* palma *Pseudophoenix sargentii,* mangle rojo *Rhizophora mangle,* palma chit *Trinax radiata.* La flora fitoplanctónica de los cenotes generalmente está dominada por diatomeas como *Amphora ovalis, Cocconeis placentula, Cyclotella meneghiniana, Cymbella turgida, Diploneis puella, Eunotia maior, E. monodon, Gomphonema angustatum, G. lanceolatum, Nitzchia scalaris, Synedra ulna* y *Terpsinoe musica.* Fauna característica: de crustáceos como el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*; el anfípodo *Tulumella unidens*; el palemónido *Creaseria morleyi;* los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei*; los copépodos *Arctodiaptomus dorsalis, Eucyclops agilis, Macrocyclops albidus, Mastigodiaptomus texensis, Mesocyclops edax, Mesocyclops* sp., *Schizopera tobae cubana, Thermocyclops inversus, Tropocyclops prasinus mexicanus, T. prasinus* s.str.; los ostrácodos *Candonocypris serratomarginata, Chlamydotheca mexicana, Cypridopsis niagrensis, C. rhomboidea, Cyprinotus putei, C. symmetricus, Darwinula stevensoni, Eucypris cisternina, E. serratomarginata, Herpetocypris meridiana, Metacypris americana, Stenocypris fontinalis, Strandesia intrepida, S. obtusata*; de peces como los cíclidos *Archocentrus octofasciatus, Cichlasoma friedrichsthali, C. robertsoni, C. salvini, C. synspilum, C. urophthalmus, Petenia splendida* y *Thorichthys meeki*; los poecílidos *Belonesox belizanus, Gambusia yucatana, Heterandria bimaculata, Poecilia mexicana, P. orri* y *P. petenensis*; la anguila americana *Anguilla rostrata,* el carácido *Astyanax aeneus* y el bagre *Rhamdia guatemalensis.* Endemismos del isópodo *Bahalana mayana*; de los anfípodos *Bahadzia bozanici, Mayaweckelia cenoticola, Tuluweckelia cernua;* del ostrácodo *Danielopolina mexicana*; del remípedo *Speleonectes tulumensis*; del termosbenáceo *Tulumella unidens,* los cuales habitan en cenotes y cuevas; de los peces *Astyanax altior,* la brótula ciega *Ogilbia pearsei,* la anguila *Ophisternon infernale, Poecilia velifera;* de aves el pavo ocelado *Agriocharis ocellata,* el loro yucateco *Amazona xantholora,* que junto con el manatí *Trichechus manatus* se encuentran amenazados por lo reducido y aislado de sus hábitats, por la contaminación y navegación respectivamente. Zona de reproducción de tortugas caguama *Caretta caretta,* blanca *Chelonia mydas,* laúd *Dermochelis coriacea* y el merostomado *Limulus polyphemus.* Todas estas especies amenazadas junto con los reptiles boa *Boa constrictor,* huico rayado *Cnemidophorus cozumela,* garrobo *Ctenosaura similis,* iguana verde *Iguana iguana,* casquito *Kinosternon scorpioides,* mojina *Rhinoclemmys areolata,* jicotea *Trachemys scripta*; las aves loro yucateco *Amazona xantholora,* garceta de alas azules *Anas discors,* carao *Aramus guarauna,* aguililla cangrejera *Buteogallus anthracinus,* hocofaisán *Crax rubra,* el trepatroncos alileonado *Dendrocincla anabatina,* garzita alazana *Egretta rufescens,* halcón palomero *Falco columbarius,* el gavilán zancudo *Geranospiza caerulescens,* el bolsero yucateco *Icterus auratus,* el bolsero cuculado *I. cucullatus,* zopilote rey *Sarcoramphus papa,* golondrina marina *Sterna antillarum, Strix nigrolineata* y los mamíferos mono aullador *Alouatta pigra,* mono araña *Ateles geoffroyi,* grisón *Galictis vittata* y oso hormiguero *Tamandua mexicana.*
Aspectos económicos: pesquerías de caracol y langosta. Cultivo de peces en la laguna de Nichupté. Turismo y ecoturismo. Porcicultura en Pto. Morelos.
Problemática:

Modificación del entorno: perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, deforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.

Contaminación: aguas residuales y desechos sólidos.

Uso de recursos: pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de coco *Cocos nucifera.*

Conservación: se necesita restaurar la vegetación, frenar la contaminación de acuíferos y dar tratamiento a las aguas residuales. Se desconoce la influencia de afloramientos de agua en la zona de la laguna de Nichupté. Están considerados Parques Nacionales Punta Cancún, Punta Nizuc y Tulum. El Parque Nacional Tulum está siendo afectado por la construcción urbana, el saqueo de material vegetal, la construcción de un tren turístico, la presencia de puestos comerciales de artesanías para los turistas y la gran cantidad de basura arrojada a las zonas de manglar y de selva mediana subperennifolia.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; DUMAC; Centro de Investigación y Estu-

dios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional del Agua, Semarnap.

106. COZUMEL

Estado(s): Quintana Roo **Extensión:** 482.03 km^2
Polígono: Latitud 20°48'00" - 20°16'12" N
Longitud 87°01'48" - 86°43'48" W

Recursos hídricos principales
léníticos: lagunas costeras, cenotes, humedales.
lóticos: aguas subterráneas con una capa delgada de agua dulce.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: placa Maya del este, rocas sedimentarias, plataforma amplia y suelos tipo Rendzina.
Características varias: clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1 500-2 000 mm.
Principales poblados: Cozumel, Cedral, Chancanab, Caleta, San José, Chenrio.
Actividad económica principal: turismo, ecoturismo y porcicultura.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, manglar, vegetación de dunas costeras y palmares. Flora característica: *Acacia pringlei, Agave angustifolia, Albizia caribaea, Anthurium* sp., *Aporocactus flagelliformis, Avicennia germinans, Brassavola nodosa, Brosimum alicastrum, Bursera simaruba, Caesalpinia yucatanensis, Cakile lanceolata, Canavalia rosea, Capparis cynophallophora, Casearia nitida, Cecropia obtusifolia, Ceiba aesculifolia, Cenchrus echinatus, Coccoloba barbadensis, Conocarpus erectus, Desmodium glabrum, D. incanum, Dioscorea floribunda, Diospyros verae-crucis, Enriquebeltrania crenatifolia, Guaiacum sanctum, Guettarda elliptica, Laguncularia racemosa, Metopium brownei, Nectandra sanguinea, Oncidium cebolleta, Opuntia stricta, Pithecellobium mangense, Psidium sartorianum, Rhizophora mangle, Sabal mexicana, Selenicereus testudo, Senna atomaria, Sporobolus virginicus, Turnera diffusa, Vitex gaumeri.* Fauna característica: de crustáceos *Agostocaris bozanici, Janicea antiguensis, Somersiella sterreri, Parahippolyte sterreri, Yagerocaris cozumel*; de decápodos *Typhlatya mitchelli, T. pearsei* y el palemónido *Creaseria morleyi*; de peces *Astyanax aeneus*, la mojarra del sureste *Cichlasoma urophthalmus*, el guayacón yucateco *Gambusia yucatana*, el topote del Atlántico *Poecilia mexicana*, el topote de aleta grande *P. velifera*, el juil descolorido *Rhamdia guatemalensis*. Especies endémicas: de crustáceos *Agostocaris bozanici* y *Yagerocaris cozumel*, de anfípodos *Bahadzia setodactylus* y *B. bozanici*, del carideo *Procaris* n. sp., y el isópodo *Bahalana mayana*, los cuales habitan en cenotes y cuevas; de reptiles la lagartija escamosa *Sceloporus cozumelae*; de aves vireo de Cozumel *Vireo bairdi*, Cuitlacoche de Cozumel *Toxostoma guttatum*, paloma cabeciblanca *Columba leucocephala*; de mamíferos coatí *Nasua narica nelsoni*, ratón de campo *Peromyscus leucopus*, mapache *Procyon lotor*, ratón de Cozumel *Reithrodontomys spectabilis*. Todas estas especies están amenazadas junto con los reptiles boa *Boa constrictor*, huico rayado *Cnemidophorus cozumela*, garrobo *Ctenosaura similis*, iguana verde *Iguana iguana*, casquito *Kinosternon scorpioides*, mojina *Rhinoclemmys areolata*, jicotea *Trachemys scripta*; las aves loro yucateco *Amazona xantholora*, garceta de alas azules *Anas discors*, carao *Aramus guarauna*, aguililla cangrejera *Buteogallus anthracinus*, hocofaisán *Crax rubra*, garzita alazana *Egretta rufescens*, halcón palomero *Falco columbarius*, el bolsero cuculado *Icterus cucullatus*, golondrina marina *Sterna antillarum* y el mamífero grisón *Galictis vittata*. Zona de anidación de tortugas caguama *Caretta caretta*, blanca *Chelonia mydas* y carey *Eretmochelys imbricata*.
Aspectos económicos: turismo, porcicultura, ecoturismo y transporte mercante. Pesquería del crustáceo *Macrobrachium acanthurus*.
Problemática:
Modificación del entorno: deforestación, construcción de muelles y hoteles.
Contaminación: basura, derivados del petróleo y aguas residuales.
Uso de recursos: pesca ilegal; tráfico ilegal de especies; presión sobre las poblaciones de tortugas.

Conservación: Comprende el parque turístico estatal de Chancanab.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geografía, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; DUMAC; Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional del Agua, Semarnap; Museo de Cozumel; Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Puerto Morelos; Parque Marino Arrecifes de Cozumel; Universidad de Quintana Roo.

107. CENOTES TULUM - COBÁ

Estado(s): Quintana Roo **Extensión:** 1 422.67 km^2
Polígono: Latitud 20°22'48" - 19°54'00" N
Longitud 88°11'24" - 87°21'00" W

Recursos hídricos principales
lénticos: cenotes.
lóticos: sistema de aguas subterráneas (única fuente de agua).
Limnología básica: intrusión salina.
Geología/edafología: suelo pedregoso tipo Litosol y Rendzinas.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1 300-2 000 mm.
Principales poblados: Tulum, Cobá.
Actividad económica principal: turismo, agricultura y silvicultura.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subcaducifolia, selva baja inundable, palmar inundable y sabana. Flora característica: *Acacia globulifera*, tasiste *Acoelorrhaphe wrightii*, *Annona glabra*, *Atriplex cristata*, *Bactris balanoidea*, *Bucida buceras*, chaca *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cameraria latifolia*, *Capparis flexuosa*, *C. incana*, *Coccoloba reflexiflora*, *C. uvifera*, palmas nakax *Coccothrinax readii* y *Pseudophoenix sargentii*, *Cordia sebestena*, *Crescentia cujete*, *Curatella americana*, *Cyperus planifolius*, *Dalbergia glabra*, *Eugenia lundellii*, palo tinte *Haematoxylum campechianum*, *Hampea trilobata*, *Hyperbaena winzerlingii*, *Ipomoea violacea*, chechén *Metopium brownei*, *Pouteria campechiana*, *P. chiricana*, *Roystonea dunlapiana*. La flora fitoplanctónica de los cenotes generalmente está dominada por diatomeas como *Amphora ovalis*, *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella turgida*, *Diploneis puella*, *Eunotia maior*, *E. monodon*, *Gomphonema angustatum*, *G. lanceolatum*, *Nitzchia scalaris*, *Synedra ulna* y *Terpsinoe musica*. Fauna característica: del misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*; el palemónido *Creaseria morleyi*; el isópodo *Creaseriella anops*; los copépodos *Arctodiaptomus dorsalis*, *Eucyclops agilis*, *E. conrowae*, *Halicyclops caneki*, *Macrocyclops albidus*, *Mesocyclops edax*, *M. longisetus curvatus*, *M. reidae*, *Mesocyclops* sp., *Paracyclops fimbriatus chiltoni*, *Schizopera toabe cubana*, *Thermocyclops inversus*, *Tropocyclops prasinus mexicanus*, *T. prasinus* aff. *aztequei*, *T. prasinus* s.str.; los anfípodos *Hyalella azteca*, *Mayaweckelia cenoticola*, *Quadrivisio lutzi* y *Tulumella unidens*; los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei*; los ostrácodos *Candonocypris serratomarginata*, *Chlamydotheca mexicana Cypridopsis niagrensis*, *C. rhomboidea*, *Cyprinotus symmetricus*, *C. putei*, *Darwinula stevensoni*, *Eucypris cisternina*, *E. serratomarginata*, *Herpetocypris meridiana*, *Metacypris americana*, *Stenocypris fontinalis*, *Strandesia intrepida*, *S. obtusata*; los cladóceros *Ceriodaphnia rigaudi*, *Echinisca rosea*; de peces como los cíclidos *Archocentrus octofasciatus*, *Cichlasoma friedrichsthali*, *C. meeki*, *C. octofasciatum*, *C. robertsoni*, *C. salvini*, *C. synspilum*, *C. urophthalmus*, *Petenia splendida* y *Thorichthys meeki*, los poecílidos *Belonesox belizanus*, el guayacón yucateco *Gambusia yucatana*, *Heterandria bimaculata*, *Poecilia latipinna*, *P. mexicana*, *P. orri* y *P. petenensis*; el carácido *Astyanax altior*; la anguila americana *Anguilla rostrata*, *Eleotris picta*, *Megalops atlanticus*, *Rhamdia guatemalensis*, *Synbranchus marmoratus*. Especies endémicas: la planta *Enriquebeltrania crenatifolia*; el remípedo *Speleonectes tulumensis*, el ostrácodo *Danielopolina mexicana*, los anfípodos *Mayaweckelia cenoticola*, *Tuluweckelia cernua y Bahadzia bozanici*, el termosbenáceo *Tulumella unidens* y el isópodo *Bahalana mayana*, los cuales habitan en cenotes y cuevas; de peces *Astyanax altior*, *Atherinella* nov. sp., la brótula ciega *Ogilbia pearsei*, la anguila *Ophisternon infernale* y *Poecilia velifera*, las cuales se encuentran amenazadas por lo reducido y aislado de sus hábitats; de aves la paloma cabeciblanca *Columba leucocephala*, la chara yucateca *Cyanocorax yu-*

catanica, el mímido negro *Dumetella glabrirostris*, la troglodita yucateca *Thryothorus albinucha*; todas estas especies amenazadas por aislamiento y contaminación. Otras especies amenzadas de aves son el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, el zopilote cabeza amarilla *Cathartes burrovianus*, el hocofaisán *Crax rubra*, el halcón peregrino *Falco peregrinus*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus*, el zopilote rey *Sarcoramphus papa*; de mamíferos el tepescuintle *Agouti paca*, el puercoespín *Coendou mexicanus*, el jaguarndi *Herpailurus yagouaroundi*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, el jaguar *Panthera onca*, el puma *Puma concolor*, el tapir *Tapirus bairdii*, el oso hormiguero *Tamandua mexicana*.
Aspectos económicos: turismo, agricultura y silvicultura.
Problemática:
Modificación del entorno: turismo excesivo y deforestación.
Contaminación: aguas residuales.
Uso de recursos: introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus*.
Conservación: debe frenarse la deforestación, restringir la introducción de especies exóticas y controlar el manejo de aguas residuales.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Instituto de Geografía, UNAM; Universidad Autónoma de Yucatán; Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán; DUMAC; Instituto de Ecología, Comisión Nacional del Agua, Semarnap.

108. SIAN KA'AN

Estado(s): Quintana Roo — Extensión: 5 517.15 km^2
Polígono: Latitud 20°07'48" - 18°54'00" N
Longitud 88°16'12" - 87°24'36" W

Recursos hídricos principales
lénticos: laguna Chunyaxche, cenotes, lagunas costeras, lagos, humedales, marismas.
lóticos: canales, ríos subterráneos.
Limnología básica: ND.
Geología/edafología: Geológicamente la zona está constituida por calizas granulosas, llamadas sascab, que no se han mineralizado. Placa Maya este con rocas sedimentarias. Plataforma estrecha. Suelos tipo Gleysol, Solonchak, Litosol y Rendzinas.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1 300-2 000 mm. Elevación máxima de 10 msnm.
Principales poblados: Punta Herrero, Punta Allen, Felipe Carrillo Puerto, Chunyaxchem, Muyil, Uaymil, Chumpón, Vigía Chico, Tres Reyes.
Actividad económica principal: turismo, agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca deportiva y pesquerías de langosta, sábalo, robalo, pargos y langostino.
Indicadores de calidad de agua: ND.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subcaducifolia, selva baja subperennifolia o selva baja inundable, manglar, tintal, vegetación de dunas costeras, palmar inundable y sabana. Esta región se caracteriza por una alta incidencia de endemismos, además de ser un corredor migratorio hacia Centro y Sudamérica. Flora característica: las palmas nakax *Coccothrinax readii*, kuka *Pseudophoenix sargentii* y chit *Thrinax radiata*, *Acacia dolichostachya*, *A. gaumeri*, el tasiste *Acoelorrhaphe wrightii*, *Annona glabra*, *Asemmantha pubescens*, *Avicennia germinans*, *Bactris balanoidea Brosimum alicastrum*, pucté *Bucida buceras*, *B. spinosa*, la chaca *Bursera simaruba*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Caesalpinia gaumeri*, *Calliandra belizensis*, *Cameraria latifolia*, *Cladium jamaicense*, *C. mariscus*, *Coccoloba floribunda*, *C. reflexiflora*, *Conocarpus erectus*, *Cosmocalyx spectabilis*, *Crescentia cujete*, *Croton niveus*, *Curatella americana*, mucal *Dalbergia glabra*, *Diphysa macrophylla*, *Drypetes* sp., *Echinodorus andrieuxii*, *Eleocharis cellulosa*, *Enriquebeltrania crenatifolia*, *Erythroxylum confusum*, *Eugenia foetida*, *E. lundellii*, *Exothea diphylla*, *Ficus obtusifolia*, *Guettarda gaumeri*, *Gymnopodium floribundum*, palo de tinte *Haematoxylum campechianum*, *Hampea trilobata*, *Harpalyce rupicola*, *Hibiscus tiliaceus*, *Hyperbaena winzerlingii*, *Jacquinia macrocarpa macrocarpa*, *Jatropha gaumeri*, *Laguncularia racemosa*, *Lonchocarpus*

yucatanensis, Machaonia lindeniana, Malpighia lundellii, Manilkara zapota, Maytenus guatemalensis, chechén *Metopium brownei, Nectandra coriacea, Nopalea gaumeri, Phragmites australis, Pithecellobium recordii, Randia aculeata, R. longiloba, Rhizophora mangle, Samyda yucatanensis, Sebastiania adenophora, Talisia olivaeformis, Thevetia gaumeri, Thouinia canesceras* var. *paucidentata,* tule *Typha domingensis, Vitex gaumeri, Ziziphus yucatanensis, Zygia stevensonii.* La flora fitoplanctónica de los cenotes generalmente está dominada por diatomeas como *Amphora ovalis, Cocconeis placentula, Cyclotella meneghiniana, Cymbella turgida, Diploneis puella, Eunotia maior, E. monodon, Gomphonema angustatum, G. lanceolatum, Nitzchia scalaris, Synedra ulna* y *Terpsinoe musica.* Fauna característica: el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis,* los anfípodos *Hyalella azteca* y *Quadrivisio lutzi;* el palemónido *Creaseria morleyi,* los copépodos *Arctodiaptomus dorsalis, Homocyclops ater, Macrocyclops albidus, Mesocyclops longisetus curvatus, M. reidae, Thermocyclops inversus, Tropocyclops prasinus mexicanus;* los decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei;* los ostrácodos *Candonocypris serratomarginata, Chlamydotheca mexicana Cypridopsis niagrensis, C. rhomboidea, Cyprinotus putei, C. symmetricus, Darwinula stevensoni, Eucypris cisternina, E. serratomarginata, Herpetocypris meridiana, Metacypris americana, Stenocypris fontinalis, Strandesia intrepida, S. obtusata;* los peces cíclidos *Archocentrus octofasciatus, Cichlasoma friedrichsthali, C. octofasciatum, C. robertsoni, C. salvini, C. synspilum, C. urophthalmus, Petenia splendida* y *Thorichthys meeki;* los poecílidos *Belonesox belizanus, Gambusia yucatana, Heterandria bimaculata, Poecilia latipinna, P. mexicana, P. orri* y *P. petenensis;* los carácidos *Astyanax aeneus* y *A. altior,* la anguila americana *Anguilla rostrata, Astyanax fasciatus, Cyprinodon artifrons, Floridichthys polyommus, Garmanella pulchra,* el juil descolorido *Rhamdia guatemalensis, Xiphophorus maculatus.* Este sitio alberga una enorme riqueza de especies de aves, contándose entre ellas a la espátula rosada *Ajaia ajaja,* el loro yucateco *Amazona xantholora,* el ralón cuello gris *Aramides cajanea* (raro), el garzón albo *Ardea herodias,* las garzas verde *Butorides striatus* y blanca *Casmerodius albus,* la garza cucharón *Cochlearius cochlearius,* la paloma cabeciblanca *Columba leucocephala,* el hocofaisán *Crax rubra,* las garzas dedos dorados *Egretta thula* y vientre blanco *E. tricolor,* el ibis blanco *Eudocimus albus,* la fragata *Fregata magnificens,* el pelícano café *Pelecanus occidentalis,* los cormoranes bicrestado *Phalacrocorax auritus* y oliváceo *P. brasilianus,* el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus,* la golondrina marina *Sterna antillarum,* la garza tigre mexicana *Tigrisoma mexicanum;* de reptiles sustenta una de las poblaciones mejor conservadas de *Crocodylus moreleti* que coexiste con *C. acutus,* además de las especies de tortugas caguama *Caretta caretta* y blanca *Chelonia mydas;* entre los mamíferos los tlacuaches *Didelphis marsupialis* y *D. virginiana* y el puma *Puma concolor.* Entre las especies endémicas de plantas se pueden citar *Enriquebeltrania crenatifolia* y la palma chit *Thrinax radiata;* el remípedo *Speleonectes tulumensis,* el ostrácodo *Danielopolina mexicana,* el termosbenáceo *Tulumella unidens,* los anfípodos *Bahadzia bozanici, Mayaweckelia cenoticola, Tuluweckelia cernua* y los isópodos *Bahalana mayana* y *Creaseriella anops* que habitan los cenotes y cuevas; de peces *Astyanax altior, Atherinella* nov. sp., la brótula ciega *Ogilbia pearsei,* la anguila *Ophisternon infernale* y *Poecilia velifera,* las cuales se encuentran amenazadas por lo reducido y aislado de sus hábitats; de aves como el pavo ocelado *Agriocharis ocellata,* colibrí vientre-canelo *Amazilia yucatanensis,* el loro yucateco *Amazona xantholora,* el carpintero yucateco *Centurus pygmaeus,* la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus,* el mímido negro *Dumetella glabrirostris,* el copetón yucateco *Myiarchus yucatanensis,* la pachacua yucateca *Nyctiphrynus yucatanicus, Piranga roseogularis* y la troglodita yucateca *Thryothorus albinucha.* Especies amenazadas: de plantas *Astronium graveolens,* las palmas *Chamaedorea seifrizii, Coccothrinax readii, Pseudophoenix sargentii* y *Thrinax radiata,* las orquídeas como *Brassavola* sp., *Encyclia alata* y *E. cochleata;* de reptiles las tortugas *Caretta caretta, Chelonia mydas* y *Eretmochelys imbricata* que utilizan estas playas como áreas de anidación; de aves el loro de frente blanca *Amazona albifrons,* el loro yucateco *A. xantholora,* la anhinga americana *Anhinga anhinga,* el chinito *Bombycilla cedrorum americana,* las aguilillas coliblanca *Buteo albicaudatus* y gris *B. nitidus,* el zopilote cabeza amarilla *Cathartes burrovianus,* el hocofaisán *Crax rubra,* la garza rojiza *Egretta rufescens,* el halcón peregrino *Falco peregrinus,* el gavilán zancudo *Geranospiza caerulescens,* el bolsero cuculado *Icterus cucullatus,* la cigüeña jabirú *Jabiru mycteria* que anida en esta área, la cigüeña americana *Mycteria americana,* el águila pescadora *Pandion haliaetus,* el pavo cojolito *Penelope purpurascens,* el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus,* el zopilote rey *Sarcoramphus papa,* el búho café *Strix virgata,* los bobos patas cafés *Sula leucogaster* y patas rojas *S. sula,* la primavera *Turdus migratorius;* de mamíferos el mono aullador *Alouatta pigra,* el mono araña *Ateles geoffroyi,* el puercoespín *Coendou mexicanus,* el ocelote *Leopardus pardalis,* el tigrillo *L. wiedii,* el jaguar *Pantera onca,* el oso hormiguero *Tamandua mexicana,* el tapir *Tapirus bairdii,* el manatí *Trichechus manatus.* Esta región presenta comunidades importantes de aves costeras a nivel regional y nacional por ser sitios de anidación y alimentación.

Aspectos económicos: pesquerías de sábalo, huachinango, mero, tiburón, robalo, pargos, langosta espinosa *Panulirus argus* y del crustáceo *Macrobrachium acanthurus* y el cangrejo moro *Menippe mercenaria*. Turismo en Punta Allen y Vigía Grande; pesca deportiva.
Problemática:
Modificación del entorno: desarrollos turísticos desordenados.
Contaminación: arrastre de hidrocarburos hacia la zona.
Uso de recursos: introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus*. Manejo inadecuado de pesquerías de langosta. Uso de trampas no selectivas.
Conservación: preocupan la introducción de especies exóticas, problemas de ordenamiento, de desarrollo turístico y los incendios provocados. La zona es importante para la conservación de las especies biológicas a nivel regional. Está considerada un humedal prioritario por la North American Wetlands Conservation Council. Comprende la Reserva de la Biosfera Sian Ka(an y el Área de Protección de Flora y Fauna de Uaymil.
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología – Pto. Morelos, UNAM; Instituto Nacional de Ecología, Amigos de Sian Ka'an; Universidad de Quintana Roo; Instituto Tecnológico de Chetumal; Fondo Mundial para la Naturaleza, Centro Regional de Investigaciones Pesqueras - Pto. Morelos; Instituto Nacional de Antropología e Historia.

109. HUMEDALES Y LAGUNAS DE LA BAHÍA DE CHETUMAL

Estado(s): Quintana Roo **Extensión:** 3 230.31 km^2
Polígono: Latitud 19°19'12" - 18°1'24" N
Longitud 88°23'24" - 87°26'24" W

Recursos hídricos principales
lénticos: lagunas del Ocho, Bacalar, Xul-Há y Mariscal, cenotes, humedales, pantanos, bahías.
lóticos: arroyos, sistema subterráneo con una capa delgada de agua dulce.
Limnología básica: salinidad: 2-17 g/l.
Geología/edafología: ND.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1 300-2 000 mm.
Principales poblados: Chetumal, Bacalar, Majahual.
Actividad económica principal: comercio de importación, turismo, ecoturismo, agricultura y pesca.
Indicadores de calidad de agua: coliformes, plaguicidas e hidrocarburos.
Biodiversidad: tipos de vegetación: selva alta subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja perennifolia, manglar, sabana, vegetación de dunas costeras y pastizal cultivado. Flora característica: las palmas *Coccoloba floribunda*, nakax *Coccothrinax readii*, kuka *Pseudophoenix sargentii* y *Thrinax radiata*, los manglares de *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, *Ambrosia hispida*, la chaca *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Cladium jamaicense*, *C. mariscus*, *Conocarpus erectus*, *Eleocharis cellulosa*, *Ficus obtusifolia*, *Hibiscus tiliaceus*, *Hymenocallis* sp., el chechén *Metopium brownei*, *Nymphaea ampla*, *Vallisneria americana*. Fauna característica: de moluscos *Congeria leucophaeta*, *Pomacea flagellata*, *P. yucatanensis*; el poliqueto *Ficopomatus miamensis*; el misidáceo *Antromysis (Antromysis) cenotensis*; los copépodos *Arctodiaptomus dorsalis*, *Pseudodiaptomus marshi*; el palemónido *Creaseria morleyi*; el anfípodo *Mayaweckelia cenoticola*, el remípedo *Speleonectes tulumensis*; los decápodos *Typhlatya* mitchelli y *T. Pearsei*; abundancia de peces *Anguilla rostrata*, *Arius felis*, *Astyanax aeneus*, *Cichlasoma friedrichsthali*, *C. meeki*, *C. Salvini*, *C. synspilum*, *C. Urophthalmus*, *Cyprinodon artifrons*, *Gambusia yucatana*, *Garmanella pulchra*, *Gobiomorus dormitator*, *Mugil cephalus*, *Petenia splendida*, *Poecilia latipinna*, *P. latipunctata*, *P. orri* y *Rhamdia guatemalensis*; de aves como el loro yucateco *Amazona xantholora*, el ralón cuello gris *Aramides cajanea*, el garzón albo *Ardea herodias*, la paloma cabeciblanca *Columba leucocephala*, el hocofaisán *Crax rubra*, el halcón peregrino *Falco peregrinus*, la fragata *Fregata magnificens*, el cormorán *Phalacrocorax olivaceus*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus*; entre los reptiles destacan la boa *Boa constrictor*, los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti*, las tortugas caguama *Caretta caretta* y blanca *Chelonia mydas*; entre los mamíferos los tlacua-

ches *Didelphis marsupialis* y *D. virginiana* y el puma *Puma concolor*. Endemismo de la palma chit *Thrinax radiata;* de crustáceos como el isópodo *Bahalana mayana;* el ostrácodo *Danielopolina mexicana*, el termosbenáceo *Tulumella unidens*, los anfípodos *Bahadzia bozanici* y *Tuluweckelia cernua*; de peces *Ogilbia pearsei* y *Ophisternon infernale;* de aves como el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, el colibrí vientre-canelo *Amazilia yucatanensis*, el loro yucateco *Amazona xantholora, Caprimulgus badius, C. vociferus*, el carpintero yucateco *Centurus pygmaeus*, la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el mímido negro *Dumetella glabrirostris*, el copetón yucateco *Myiarchus yucatanensis, Nyctyphrynus yucatanicus, Phaethornis superciliosus, Piranga roseogularis*, la troglodita yucateca *Thryothorus albinucha*. Especies amenazadas de plantas *Astronium graveolens*, las palmas *Coccothrinax readii, Pseudophoenix sargentii, Thrinax radiata* y las orquídeas *Brassavola* sp., *Encyclia alata* y *E. cochleata*; de reptiles los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti*; de aves el loro de frente blanca *Amazona albifrons*, la anhinga americana *Anhinga anhinga*, el chinito *Bombycilla cedrorum, Buteogallus anthracinus*, el zopilote cabeza amarilla *Cathartes burrovianus*, el hocofaisán *Crax rubra, Dendrocincla anabatina*, la garza rojiza *Egretta rufescens, Geranospiza caerulescens, Glaucidium brasilianum*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el bolsero cuculado *I. cucullatus*, la cigüeña jabirú *Jabiru mycteria* que anida en esta área, la cigüeña americana *Mycteria americana*, el águila pescadora *Pandion haliaetus, Penelope purpurascens, Rostrhamus sociabilis*, el zopilote rey *Sarcoramphus papa*, la golondrina marina *Sterna antillarum*, los bobos patas cafés *Sula leucogaster* y patas rojas *S. sula*, la primavera *Turdus migratorius*, el chipe encapuchado *Wilsonia citrina*; de mamíferos el mono aullador *Alouatta pigra*, el mono araña *Ateles geoffroyi*, el puercoespín *Coendou mexicanus*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, la nutria *Lutra longicaudis*, el jaguar *Panthera onca*, el oso hormiguero *Tamandua mexicana*, el tapir *Tapirus bairdii*, el manatí *Trichechus manatus*. Área de refugio para aves y de reproducción de peces *Epinephelus itajara, E. striatus* y *Eugerres plumieri* y del molusco *Strombus gigas*. Zona de mayor abundancia de manatíes *Trichechus manatus* y nutrias *Lutra longicaudis*.
Aspectos económicos: pesquerías de caracol *Strombus gigas*, langosta *Panulirus argus* y mero. Turismo, ecoturismo, comercio de importación, agricultura y pesca.
Problemática:

Modificación del entorno: aguas subterráneas impactadas por el urbanismo; manglar impactado por la carretera; dragados, deforestación y agricultura intensiva.

Contaminación: aguas residuales en aumento, agroquímicos, materia orgánica, basura, derivados del petróleo y contaminación industrial; flujo constante de contaminantes hacia ríos.

Uso de recursos: varias especies de palmas amenazadas por deforestación y el mero por sobrepesca; trampas no selectivas en canales. Introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus*.

Conservación: preocupan las modificaciones a la vegetación, la introducción de especies exóticas, la sobrexplotación de recursos y la creciente contaminación. Faltan estudios sobre la dinámica del acuífero. Se requiere un control de los contaminantes y de la conservación de la biodiversidad. Se desconoce la mayor parte de las formas dulceacuícolas de los cuerpos de agua epicontinentales (lagunas y cenotes).
Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Amigos de Sian Ka'an; Universidad de Quintana Roo; Instituto Tecnológico de Chetumal.

110. RÍO HONDO

Estado(s): Quintana Roo **Extensión:** 2 688.54 km^2
Polígono: Latitud 18°39'36" - 17°48'36" N
Longitud 89°21'36" - 88°12'36" W

Recursos hídricos principales

lénticos: cenotes, lagunas Milagros, Negra y Encantada, humedales.

lóticos: ríos Hondo y Azul, arroyo Aguadulce, manantiales.

Limnología básica: aguas con flujo lento.
Geología/edafología: suelos tipo Regosol, Vertisol y Rendzina.
Características varias: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1 200-1 500 mm.

Principales poblados: La Unión, Sabidos, Juan Sarabia, Agua Blanca.

Actividad económica principal: pesca, agricultura y silvicultura.

Indicadores de calidad de agua: ND.

Biodiversidad: tipos de vegetación: selva mediana subcaducifolia, selva baja perennifolia, selva baja inundable, sabana y pastizal cultivado. Flora característica: *Acacia globulifera, Annona glabra,* la chaca *Bursera simaruba, Caesalpinia gaumeri, Capparis flexuosa, C. incana,* la palma nakax *Coccothrinax readii, Cordia sebestena,* el chechén *Metopium brownei, Pithecellobium lanceolatum,* la palma kuka *Pseudophoenix sargentii,* el mangle rojo *Rhizophora mangle.* Fauna característica: de copépodos *Arctodiaptomus dorsalis, Eucyclops conrowae, Thermocyclops inversus;* de peces *Astyanax aeneus* y *Cichlasoma meeki*; de aves como el pavo ocelado *Agriocharis ocellata,* el colibrí vientre-canelo *Amazilia yucatanensis,* el loro yucateco *Amazona xantholora,* el carpintero yucateco *Centurus pygmaeus,* la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus,* el granatelo yucateco *Granatellus sallaei,* el bolsero yucateco *Icterus auratus,* el copetón yucateco *Myiarchus yucatanensis,* la pachacua yucateca *Nyctiphrynus yucatanicus.* Zona de mayor abundancia de la nutria *Lutra longicaudis* y el manatí *Trichechus manatus* los cuales se encuentran amenazados junto con las aves *Falco columbarius, Geranospiza caerulescens, Jabiru mycteria, Mycteria americana, Penelope purpurascens* y el chipe encapuchado *Wilsonia citrina.*

Aspectos económicos: pesquerías de lisa, cherna y robalo. Actividad agrícola (cultivo de caña de azúcar) y forestal.

Problemática:

Modificación del entorno: deforestación debida al incremento en la agricultura y ganadería y al uso intensivo forestal.

Contaminación: por agroquímicos y materia orgánica.

Uso de recursos: introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus* y *O. niloticus*; uso de venenos para pesca y trampas no selectivas. Abastecimiento de agua para riego.

Conservación: se requiere de la conservación de la biota nativa, control de introducción de especies exóticas y regulación en el uso de fertilizantes y pesticidas. Faltan estudios limnológicos en general.

Grupos e instituciones: El Colegio de la Frontera Sur; Pronatura; Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN; Amigos de Sian Ka'an; Universidad de Quintana Roo; Instituto Tecnológico de Chetumal.

SECCIÓN 2
RECURSOS HÍDRICOS Y BIODIVERSIDAD

3. RECURSOS HÍDRICOS

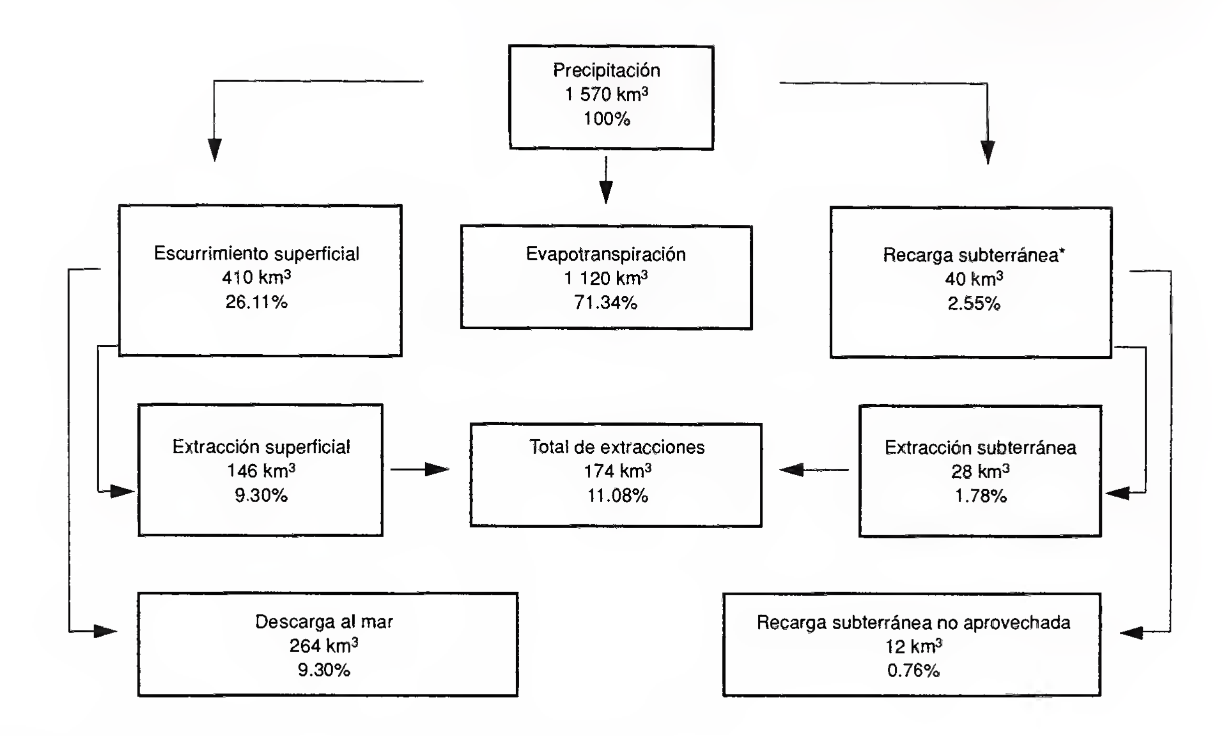
El flujo de las aguas epicontinentales desde las regiones montañosas o tierras bajas hasta el mar (drenaje exorreico), así como a depresiones continentales cerradas (drenaje endorreico) y a través del subsuelo (drenaje criptorreico), es parte esencial del ciclo hidrológico mundial. Éste enlaza de manera compleja y dinámica la atmósfera, la biosfera y la hidrosfera, es decir, aguas continentales y subterráneas, salinas y dulceacuícolas, y una gran diversidad de tipos de ecosistemas.

3.1. BALANCE HÍDRICO

Si se considera el total de agua en el planeta, solamente 2.6% es agua dulce (Baumgartner y Reichel, 1975), de la cual cerca de 77% se encuentra "atrapada" en las capas del hielo polar y en los glaciares y 11% está almacenada en acuíferos subterráneos, quedando sólo 12% como agua superficial. De este 12%, sólo 0.57% existe en la atmósfera y en la biosfera. A través de la precipitación y la condensación, la atmósfera distribuye el agua evaporada mientras que los componentes y procesos hidrológicos de la biosfera la redistribuyen a través de corrientes superficiales y del suelo, como agua subterránea, y en procesos de filtración y evapotranspiración (Brooks *et al.*, 1997).

Para realizar un balance hídrico de una zona determinada se deben considerar tres factores: la precipitación, la evapotranspiración y el escurrimiento superficial (figura 3.1). La precipitación, principalmente en forma de lluvia, es un factor esencial en el ciclo hidrológico y repercute en forma importante en la disponibilidad de agua en las diversas regiones hidrológicas del territorio nacional. En el país, existe una temporada de lluvias bastante generalizada que va del mes de mayo al de octubre; en ciertas regiones, se presenta una temporada breve de lluvias invernales causadas por el paso de frentes fríos, como en el noreste de la península de Baja California, sur de Sonora, norte de Sinaloa, suroeste de Chihuahua y noroeste de Durango. En el sureste del país suceden los llamados "nortes", que se presentan normalmente de noviembre a febrero; éstos se deben a los frentes fríos y provocan fuertes corrientes de aire que cruzan el Golfo de México y llegan hasta la península de Yucatán. En el Altiplano, las precipitaciones ocurren durante los meses de julio y agosto, mientras que en el resto del país la mayor precipitación se presenta durante el mes de septiembre debido a la presencia de ciclones tropicales (Athié, 1987). Éstos ocurren de mayo a noviembre y afectan tanto las costas del Océano Pacífico como las del Golfo de México y del Caribe con incidencias de 40% en Yucatán y Quintana Roo y de 25% en la península de Baja California y Sinaloa (Semarnap, 1996a).

La precipitación media anual en la República Mexicana es de 1 570 km^3; si el escurrimiento superficial es de 410 km^3 y la recarga subterránea de 40 km^3, la diferencia, es decir 71.34% de la precipitación, se "pierde" por evapotranspiración (figura 3.1). Esto significa que las corrientes atmosféricas, ya sea en forma de nubes o de humedad ambiental, barren la mayoría del agua evaporada, la cual equivale a más del doble de la que escurre a través de todos los ríos del país.



* Sin considerar la recarga inducida por riego que se estima en 15 km^3.

Figura 3.1. Balance hídrico anual (promedio) del país (INEGI, 1995)

Esta consideración es de importancia trascendental en el manejo de los recursos hídricos, pues deben tomarse las precauciones necesarias en cuanto a pérdidas por evapotranspiración en el diseño de la infraestructura hidráulica nacional. Deben asimismo, mantenerse áreas forestales y con vegetación natural, pues éstas ayudan a conservar la humedad y propician la percolación, con lo que se evita una pérdida excesiva de agua por evapotranspiración (Athié, 1987).

3.2. CONCEPTO DE CUENCA

Para incidir en las actividades y procesos que controlan la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas es necesario reconocer las interacciones entre los elementos bióticos y abióticos y adoptar medidas de manejo a una escala adecuada. En este sentido, la unidad "cuenca de drenaje" es el área mínima indispensable de delimitación "natural" para instrumentar una aproximación ecosistémica en el uso sustentable de los recursos hidrológicos. Esto permite considerar los vínculos que existen entre diversos ecosistemas conectados o articulados por el flujo del agua. Adicionalmente, hay que tomar en cuenta que las cuencas hidrológicas pueden no coincidir con aquéllas de aguas subterráneas (cuencas geohidrológicas).

Una "cuenca" es un espacio físico-geográfico de drenaje común definido por sistemas topográficos y geológicos que permiten delimitarlo territorialmente, en donde interactúan los sistemas físico-bióticos y socio-económicos (Álvarez y Cassián, 1993). Las cuencas están estructuradas jerárquicamente, esto es, una cuenca está formada por subcuencas, las que a su vez están conformadas por microcuencas. Esto permite delimitar áreas tan grandes o pequeñas como lo requiera un esquema de manejo particular.

Por lo tanto, la cuenca es la unidad natural, lógica y práctica para el análisis, la planeación

y el manejo de múltiples recursos; permite el análisis de las relaciones entre el uso del suelo y los procesos hidrológicos, geomorfológicos y biológicos complejos. Montgomery *et al.* (1995) indican que la cuenca como unidad de análisis es un marco de referencia conveniente y práctico para instrumentar el manejo de los ecosistemas y de los recursos renovables y no renovables, pues garantiza su uso y su conservación, y consecuentemente, su renovabilidad.

3.3. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

Como se mencionó con anterioridad, existe una enorme restricción en cuanto a la disponibilidad de "agua dulce superficial", ya que aproximadamente la mitad de ésta es salada (Wetzel, 1983), con una concentración de sales disueltas igual o superior a 3 g/l (Williams, 1996). La cantidad de agua dulce disponible en el planeta no aumenta al ritmo del crecimiento de la población. Consecuencia de ello fue que de 1850 a 1990 la disponibilidad de agua *per capita* se redujera a la cuarta parte. De continuar esta tendencia, entre 1990 y 2000 se duplicará la demanda de agua, especialmente en los países del Tercer Mundo (Alcocer,1998). La situación de México es bastante grave, ya que cuenta solamente con 0.1% del total de las reservas mundiales de agua dulce (Toledo *et al.*, 1989).

La gran diversidad fisiográfica y climática de México conlleva una distribución heterogénea de los recursos acuáticos (Alcocer *et al.*, 1993; Sedesol, 1993; INEGI, 1995). La mayor parte del país (67%) es árida (31%) o semiárida (36%) y tan sólo una tercera parte (33%) es húmeda y subhúmeda. La fuente principal de abastecimiento de agua en México es la lluvia. La precipitación anual promedio es de 777 mm; según las mediciones de 1995, se presenta un patrón de disminución de sureste (2 400 mm) a noroeste (100 mm). La escasez de agua se origina principalmente por la distribución geográfica diferencial de los recursos hidrológicos en relación con los conglomerados humanos, ya que las zonas que concentran 70% de la población cuentan con un bajo porcentaje de las fuentes de abastecimiento de agua. Esto significa que más de tres cuartas partes de los recursos hídricos del país se encuentran alejados de las comunidades con mayor densidad de población y actividad económica. Existe así, un desequilibrio entre la oferta y la demanda de recursos hídricos (López-Portillo, 1982), lo que conduce a la sobrexplotación de los acuíferos y ha llevado a hacer transferencias de agua entre cuencas.

El mayor volumen de los recursos hídricos en México se encuentra en los ríos (68.2%), siguiéndole en importancia las presas (17.8%), los acuíferos (11.7%) y, finalmente, los lagos y lagunas (2.3%) (cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Distribución del volumen del agua dulce en México (Sedue, 1988)

Distribución	*Volumen de agua anual* (km^3)
Ríos	410
Presas	107
Aguas subterráneas	70
Lagos y lagunas	14
Total	**601**

Las cuencas que drenan al Golfo de México y al mar Caribe conducen 59.8% del flujo superficial de agua en México; al Océano Pacífico se drena 39.2%, mientras que en las cuencas endorreicas se transporta tan sólo el 1% restante. Esto significa que 3% del volumen total fluye en

la parte norte de México, mientras que 50% lo hace a través de los ríos del sureste (García, 1982). Por otra parte, del volumen medio anual de agua que escurre superficialmente (410 km^3) casi 32.2% lo aportan sólo ocho ríos: Bravo, Pánuco, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva, Usumacinta, Lerma-Santiago y Balsas.

Como se mencionó con anterioridad, la disparidad en la disponibilidad de agua en México no sólo es latitudinal sino también temporal: 90% del agua pluvial se descarga en la temporada de lluvias, la cual dura entre 4 y 6 meses (mayo a octubre), lo que se traduce en una carencia de agua pluvial durante los seis meses restantes. Finalmente, la mala distribución del vital líquido también es conspicua altitudinalmente, ya que 80% del agua dulce se localiza por debajo de la cota de los 500 m y tan sólo 5% por arriba de la cota de los 2 000 m. Contrariamente, 76% de la población y dos terceras partes de la industria de manufactura y tierras agrícolas y pecuarias se ubican en el Altiplano mexicano (Athié, 1987; INEGI, 1995).

La disponibilidad de agua se concentra principalmente en el sureste del país donde la densidad de población y la demanda de agua son bajas. En contraste, en el centro, norte y noroeste donde la densidad de población es mayor y la demanda es alta, el agua es escasa (figura 3.2) (Semarnap, 1996a). Esta distribución latitudinal, altitudinal y temporalmente heterogénea hace muy difícil el desarrollo de programas de manejo y uso adecuado de este recurso, así como preservar su calidad y volumen. Basta recordar que la mayor parte de éste se pierde por evapotranspiración (60-72%) e infiltración (10-20%), y solamente entre 10 y 28% escurre a través de los ríos (Athié, 1987; Bassols, 1977; García, 1982; INEGI, 1995; Sánchez *et al.*, 1989; Sedesol, 1993).

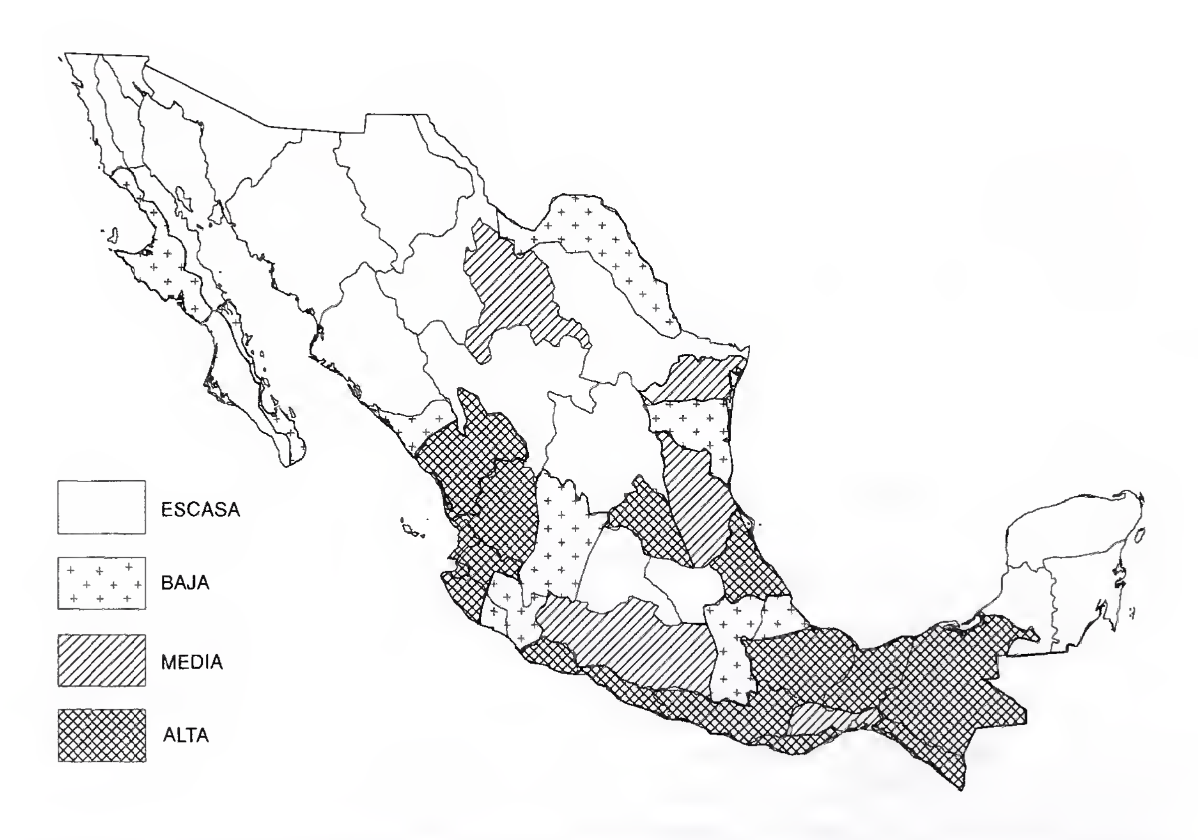


Figura 3.2. Disponibilidad relativa de agua superficial en México (Semarnap, 1996a)

3.4. CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA

En términos globales, no existe escasez de agua sobre la Tierra. Del total de agua que se evapora en el océano, sólo regresan al mar, después de precipitarse en los continentes, unos 41 000 km^3 por año y de ellos, unos 9 000 km^3 son utilizados por el hombre. En principio, tal cantidad sería teóricamente suficiente para satisfacer las necesidades de una población de 20 000 millones de habitantes (Arias, 1993). Sin embargo, esta agua está dispersa espacialmente y en flujo constante. Muchas cuencas no proveen la cantidad de agua necesaria en ciertas regiones. Aun en el trópico húmedo, donde la precipitación anual puede exceder los 3 000 mm, las sequías periódicas o anuales causan daño a los cultivos y pérdidas en la ganadería y de vidas humanas. Contrario a lo que se piensa, las inundaciones pueden ocurrir periódicamente en regiones áridas y semiáridas donde la precipitación anual es menor que 250 mm. No es de sorprender, entonces, que las naciones, agencias y comunidades locales hagan fuertes inversiones en proyectos de ingeniería para asegurar algunas medidas de control sobre los recursos hídricos.

Las cuencas son áreas muy frágiles que deben ser protegidas mediante la conservación de la cubierta vegetal; sólo así se garantizan suelos en buen estado y ríos con agua limpia y abundante. Las áreas arboladas favorecen la humedad ambiental, la temperatura, la humedad del suelo y la penetración e infiltración de agua en el mismo, incrementando así los niveles freáticos; también, mejoran la calidad del agua y controlan los flujos de corrientes superficiales evitando las crecientes e inundaciones agua abajo (Alanis *et al.*, 2000).

Sin embargo, la crisis actual del agua ha llevado al hombre a buscar nuevas alternativas de manejo de los recursos naturales que le permitan garantizar su sustentabilidad por tiempo indefinido. En los países desarrollados existen grandes avances al respecto, sobre todo en áreas destinadas no a la conservación sino a un manejo de uso múltiple, racional y sustentable de los recursos como la forestería de producción, cultivos agrícolas, pastoreo, agroforestería y producción de agua.

Una de las técnicas empleadas es el manejo de vegetación para la producción de agua. Según Brooks *et al.* (1997), existe un número significativo de estudios sobre incrementos en la producción de agua asociados a una reducción en la densidad de la cobertura vegetal. En general, los cambios que merman la evapotranspiración tienen como consecuencia un incremento en el rendimiento de agua. La evapotranspiración puede ser reducida al cambiar la estructura y composición de la vegetación de una cuenca, lo cual puede lograrse con acciones como: bajar la densidad de la cubierta forestal, cambiar especies de raíces profundas por otras de raíces someras, cambiar la cubierta vegetal de plantas con alta capacidad de intercepción por otras con menor capacidad y remplazar especies con una alta tasa de transpiración anual por otras con una tasa de transpiración anual menor. La cantidad de agua ganada depende también del tipo de suelo, de las condiciones climáticas (precipitación, temperatura y radiación solar) y del porcentaje de la cuenca afectado. No obstante que el cambio de la cobertura vegetal pueda traer consigo aumentos en la escorrentía, es importante reconocer que generalmente estos cambios también traen consigo una mayor exposición del suelo al efecto erosivo de las lluvias y con ello a incrementos en los procesos de encostramiento superficial y arrastre de suelo, los cuales reducen de manera sustancial la calidad del recurso hídrico. Esto es, hay más agua disponible pero más sucia y viaja más rápido, generando problemas de azolve y eutroficación de lagos y presas, así como serios problemas de inundaciones.

Este tipo de medidas han elevado el rendimiento de captación de agua en ecosistemas como bosques templados, comunidades de vegetación riparia, praderas, humedales y, en menor grado, en bosques tropicales húmedos. En estos últimos, la experiencia muestra que al reducir la cubierta vegetal a escalas regionales se genera una disminución en la humedad atmosférica, lo que a su vez produce cambios en el clima que se reflejan en una menor precipitación.

Los bosques de neblina, por el contrario, incorporan más humedad al suelo que aquélla que absorben y transpiran. Estos bosques captan un alto porcentaje de humedad atmosférica, la condensan y posteriormente, gotea del follaje al suelo. A pesar de no haber precipitación, este proceso aporta una gran cantidad de agua al suelo, lo que no sería posible si el área tuviera menor cubierta vegetal; es decir, este proceso depende de la densidad de árboles, del área superficial total del follaje y de la exposición de los árboles al viento y la neblina. En las regiones áridas y semiáridas la manipulación de la cobertura vegetal es muy limitada, por lo que no se recomienda este tipo de técnicas.

En este sentido, es válida la afirmación de que cuanto mayor sea la remoción de la cubierta forestal, mayor será la captación de agua; sin embargo, esto no se puede generalizar, es necesario conocer los valores precisos en cada situación para poder normar los criterios de manejo de la vegetación forestal y así tener control de los escurrimientos sin rebasar los límites aceptables de pérdida del suelo (Álvarez y Cassián, 1993).

Desde una perspectiva histórica, los reservorios se han considerado la herramienta principal en el manejo de recursos acuáticos. Como regla, los reservorios o presas representan grandes inversiones de capital que son justificadas con base en los múltiples beneficios que proporcionan, como mayor disponibilidad de agua para el abastecimiento urbano, industrial, agrícola y ganadero, y para la recarga de acuíferos en zonas áridas y semiáridas. Algunas de estas obras son diseñadas para modificar el flujo de corrientes y asegurar un control de inundaciones, también para el mantenimiento de un flujo constante durante los periodos de sequía que asegure la dilución de contaminantes, la navegación, la producción de energía eléctrica, las actividades recreativas y el sostenimiento de pesquerías. Muchos de estos proyectos han sido fuertemente criticados debido a que no contemplan una visión holística de la cuenca ni de los impactos negativos al ambiente y por responder sólo a expectativas políticas (Brooks *et al.*, 1997). La construcción y operación de grandes presas conlleva problemas de costos ambientales y sociales muy altos como la alteración de los patrones de flujo y morfología de la cuenca, modificación del uso del suelo, problemas de reubicación de poblaciones, y pérdida de tierras bajas productivas y de vida silvestre.

En México existen cerca de 14 000 almacenamientos naturales en forma de lagos y 2 200 embalses artificiales con una capacidad conjunta de 180 km^3; hay también 2 700 km de acueductos, cuya capacidad es de 2.84 km^3. En conjunto, la capacidad de almacenamiento total es de casi 183 km^3 que significan aproximadamente 44.6% del escurrimiento superficial (INEGI, 1997; Sedesol, 1993; de la Lanza y García, 1995).

De acuerdo con Brooks *et al.* (1997), existen algunos métodos para aprovechar o incrementar la disponibilidad de agua, los cuales están asociados a un aumento en la precipitación o a una reducción de la evapotranspiración. Todos estos métodos tienen limitantes; sin embargo, constituyen alternativas para métodos más tradicionales de almacenamiento y aprovechamiento del agua. Algunos de ellos son:

- Reutilización del agua a través de plantas de tratamiento de aguas residuales para riego.
- Actividades de recarga de los sistemas de agua subterráneos durante los periodos de lluvias.
- Manipulación de la vegetación para reducir el consumo de agua. El aprovechamiento del agua puede incrementarse al convertir un tipo de vegetación de alta demanda de agua a otro de menor o instrumentar prácticas de disminución de la densidad de la cobertura vegetal.
- Almacenamiento de agua en reservorios durante los periodos de lluvias para su utilización en época de estiaje.
- Transferencia de agua de áreas con exceso a zonas con déficit.

- Desalinización del agua de mar por medio de tecnologías actuales que permiten tomarla de las zonas costeras y utilizarla para el consumo humano y el uso agrícola, con la limitación de los costos.
- Modificaciones climáticas por medio de la "siembra" de nubes. Este método se usa exitosamente para incrementar las lluvias locales.
- Supresión de la evaporación o transpiración por medio de técnicas que las reducen en cuerpos de agua pequeños y reducción también de las pérdidas por evapotranspiración. Estas técnicas son útiles a pequeña escala.
- Transportación de témpanos de hielo de regiones polares a regiones costeras áridas. Esta técnica ha sido utilizada en el sur de California y países del medio oriente.

Entre otras medidas a menor escala y de corte más ecológico, se pueden proponer:

- En los programas productivos, utilización de especies de la zona o adaptadas al ambiente local para disminuir la demanda evapotranspirativa.
- Fomentar y apoyar más la agricultura de temporal (en la península de Yucatán, los indígenas tienen variedades de frijol adaptadas a los diferentes tipos de clima y temporalidades de lluvias).
- Fomento de técnicas y horarios de riego más eficientes (por aspersión durante la noche o por goteo).
- Fomento de técnicas simples de captación de agua para las parcelas agrícolas. Tal es el caso de pozos de absorción y tinas de almacenamiento.
- Implementar medidas estrictas de control de erosión, principalmente aquéllas que mantengan una buena infiltración a través de un manejo adecuado de la cobertura del suelo. Tal es el caso de la labranza de conservación.

3.5. CALIDAD DEL AGUA

En la determinación de la disponibilidad del agua en el país, además de conocer la cantidad de agua disponible en las diferentes fases del ciclo hidrológico, deben conocerse sus características fisicoquímicas y bacteriológicas para saber si está en condiciones de ser utilizada en diferentes actividades productivas, recreativas y como agua potable en el abastecimiento a poblaciones (Athié, 1987).

La calidad de un ambiente acuático puede definirse como un conjunto de indicadores relativos a la presencia de microorganismos, a la concentración de algunos compuestos químicos y a las especiaciones y particiones físicas de algunos de ellos, y a la composición y estado de la biota encontrada en el cuerpo de agua.

Para evaluar la calidad de un cuerpo de agua, la CNA utiliza el Índice de Calidad del Agua (ICA) el cual agrupa 18 parámetros clasificados en cinco categorías, con los cuales se determina el grado de contaminación existente en el cuerpo. Los parámetros más importantes para calcular el ICA son: concentración total de sólidos suspendidos y disueltos, temperatura, cantidad de oxígeno disuelto, concentración de materia orgánica, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), pH, alcalinidad y dureza, conductividad eléctrica, nutrientes (amonio, nitratos y fosfatos), presencia de bacterias indicadoras (coliformes fecales y totales), y sustancias tóxicas (grasas, aceites y metales pesados) (Sedesol, 1993; INEGI, 1997). En el cuadro 3.2 se muestran los valores del ICA y su calificación cualitativa.

La información más reciente sobre la calidad de las aguas superficiales mexicanas es la presentada en el Programa Hidráulico 1995-2000 de la Semarnap. Este programa muestra, en el

Cuadro 3.2. Intervalos del estado de la calidad del agua potable (Sedesol, 1993)

Intervalo	*Calificación*	*Clave*
90-100	Excelente	E = no requiere purificación para consumo humano
80-90	Aceptable	A = requiere purificación previa a su consumo
70-80	Levemente contaminada	LC = su consumo es riesgoso sin purificación
50-70	Contaminada	C = requiere necesariamente de purificación
40-50	Fuertemente contaminada	FC = de consumo riesgoso
0-40	Excesivamente contaminada	EC = inaceptable para el consumo humano

caso de las penínsulas de Baja California, Yucatán y El Salado, que la falta de información se debe a las características permeables del suelo, y en la zona centro-norte de México (zonas áridas y semiáridas), a la ausencia de corrientes y otros cuerpos de agua superficiales permanentes. De esta información, recopilada de datos de 1975 a 1992 provenientes de la Red Nacional de Monitoreo, resultó que son escasas las zonas que presentan valores del ICA superiores a 70 puntos, es decir, de buena calidad. En la mayor parte del país, el ICA fluctúa entre bajo y medio (figura 3.3). En 1994, la CNA estimó que cerca de 26.7% de las muestras de aguas superficiales analizadas presentaban problemas importantes de contaminación: 18% calificaron como excesivamente contaminadas y 8.7% como fuertemente contaminadas; 59.1% correspondió a aguas contaminadas que deben ser purificadas para su consumo humano y sólo 7.1% de las muestras analizadas calificaron como de calidad aceptable que requieren de purificación, aunque menor. El Valle de México, región donde se asienta el mayor porcentaje de la población nacional y ur-

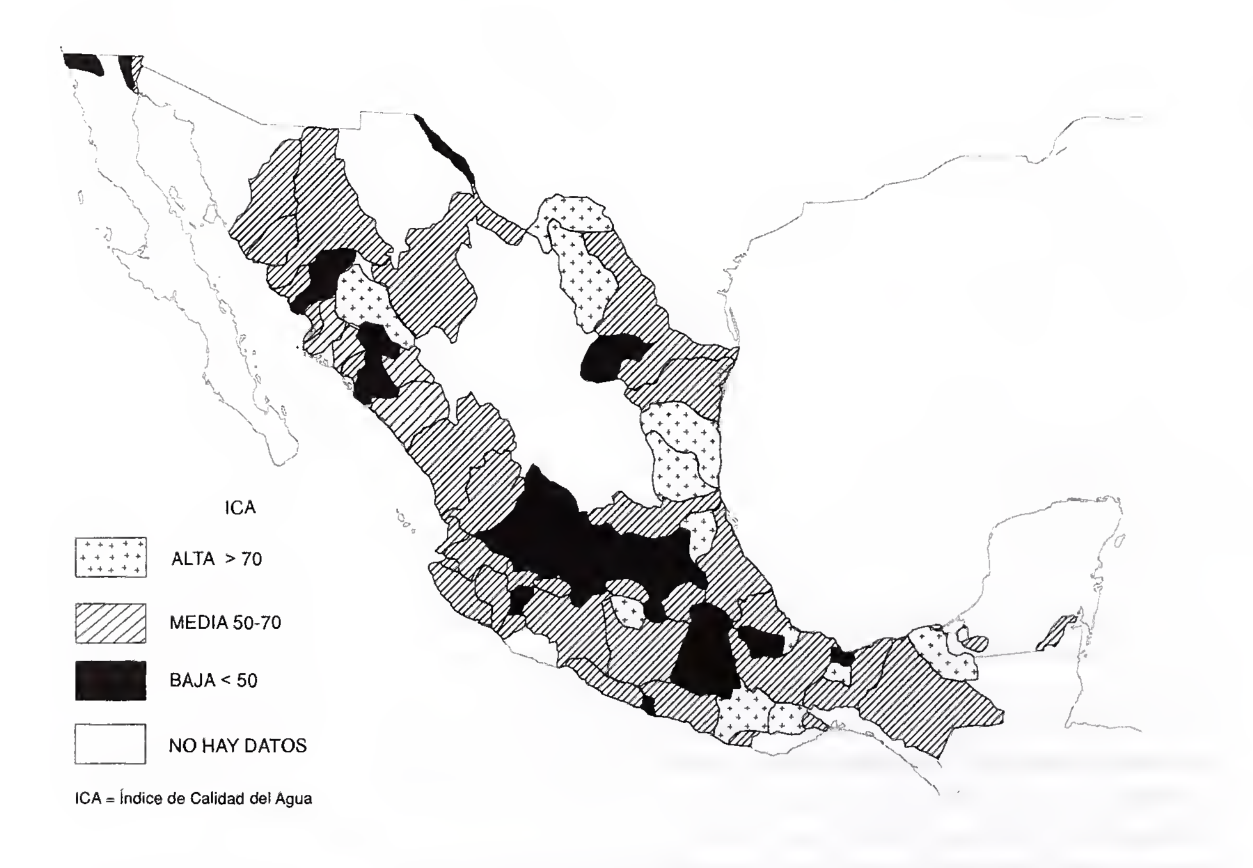


Figura 3.3. Panorama general de la calidad del agua superficial de acuerdo con datos comprendidos entre 1975 y 1992 (Semarnap, 1996a)

bana, presenta los valores más bajos del ICA, correspondientes a las categorías de fuertemente contaminada (24%) y excesivamente contaminada (48%) (INEGI, 1997).

En cuanto a la combinación de agentes naturales con antropogénicos, los cuerpos de agua de la zona norte presentan una situación crítica debida al elevado grado de desecación y de contaminación y a la escasa disponibilidad del recurso, producto de un clima árido. Con relación a los cuerpos de agua del centro del país, su estado también es crítico, en este caso, más por su fuerte contaminación que por su grado de desecación. El sur representa la mejor zona en cuanto a cantidad y calidad del recurso acuático debido, en gran medida, a la abundancia de agua disponible y al factor de dilución involucrado. Sin embargo, se debe hacer una excepción en la zona sureste. La península de Yucatán, a diferencia de la zona sur, presenta una disponibilidad de agua reducida a pesar de su clima tropical húmedo. En este caso, el problema principal, como se mencionó con antelación, es su naturaleza geológica, que impide la retención de la elevada precipitación pluvial (>1 500 mm anuales), así como la ausencia de corrientes superficiales, lo cual aumenta la dependencia sobre el acuífero. Los problemas de contaminación en la península de Yucatán son más bien locales, asociados a los núcleos de desarrollo urbano, turístico y rural, que de índole general (Alcocer *et al.*, 1997; Marín y Perry, 1995; Pacheco y Cabrera, 1997).

3.6. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para evaluar el tipo y la cantidad de las sustancias presentes en el agua superficial se requieren mediciones representativas y continuas de su calidad. Debido a los altos costos y a las dificultades que representan estos monitoreos, el muestreo, el procesamiento y el análisis de las muestras deben basarse en el tipo de sistema acuático que se está estudiando, en los patrones de distribución espacial y temporal de los parámetros muestreados y, lo más importante, en el objetivo de los muestreos. En este sentido, los programas de monitoreo de la calidad del agua se deben establecer para responder preguntas específicas, por lo que deben ser diseñados adecuadamente. El sitio indicado, el tiempo y la frecuencia del muestreo están determinados por el tipo de monitoreo y las consideraciones estadísticas normales (variabilidad, costo de la muestra, exactitud requerida, y otros). También deben medirse, de manera explícita, las características de la calidad del agua relacionadas directamente con los objetivos de estudio (Brooks *et al.*, 1997). Esto se puede realizar desde monitoreos sencillos y baratos como el propuesto por Marín *et al.* (1998) hasta caracterizaciones fisicoquímicas completas incluyendo, cuando sea necesario, barridos de compuestos orgánicos. Los resultados de estos estudios pueden ser utilizados para muchos fines.

Actualmente, la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA) es la encargada de evaluar el grado de contaminación existente en un cuerpo de agua. Para esto, cuenta con estaciones de monitoreo en todos los estados de la República y con 34 laboratorios donde se procesa la información obtenida (Semarnap, 2000).

4. HIDROGEOLOGÍA

Óscar Escolero y Luis E. Marín

Las formaciones que contienen y transmiten agua subterránea se conocen como acuíferos. Así, la cantidad de agua que puede extraerse de un área determinada depende de las características del acuífero y de sus posibilidades de recarga, que dependen a su vez de la conductividad hidráulica del terreno.

La fuente de agua subterránea más importante es la precipitación que penetra directamente al suelo y se infiltra hacia el acuífero o se incorpora a las corrientes superficiales y percola desde estos cauces. Sólo 3.15% del agua de lluvia se convierte en agua subterránea debido a otros procesos como la evapotranspiración, la humedad del suelo y las edificaciones, por lo que para recargar un acuífero se necesitan largos periodos de fuerte precipitación.

Otra condición fundamental en el proceso de recarga de aguas subterráneas es un medio geológicamente adecuado que permita almacenar volúmenes considerables de agua. Los cauces de agua superficial que cortan depósitos aluviales permeables pueden también ser un medio para que el agua llegue a los depósitos subterráneos. La tasa de percolación de una corriente está limitada por la extensión y las características del suelo; el flujo excedente es arrastrado por la corriente hasta su desembocadura a lagos o al mar. Otras fuentes de agua subterránea son las zonas profundas de la Tierra, en donde el agua, al elevarse, queda atrapada en las rocas sedimentarias durante su formación. Estas aguas ascienden en cantidades pequeñas y en ocasiones se encuentran tan mineralizadas que no sólo no son adecuadas para su consumo directo, sino que pueden llegar a contaminar otras aguas aprovechables (Sánchez *et al.*, 1989). Un ejemplo de esto último es el valle de Puebla donde se encuentran aguas mineralizadas que subyacen al acuífero que abastece esta zona (Marín *et al.*, 1994).

En México, más de 50% del agua utilizada para el consumo humano, la industria y la agricultura proviene del agua subterránea del país; a pesar de su importancia, en nuestro país existe un gran desconocimiento de los acuíferos, su geometría y los volúmenes de agua disponible, así como de la calidad del agua de muchos de ellos. A la fecha, la CNA ha identificado más de 600 acuíferos en México (CNA, 1999) (figura 4.1). A continuación se presenta un resumen breve de los trabajos presentados en el volumen editado por Back (1988) de la Sociedad Americana de Geología y Velázquez y Ordaz (1992), los cuales versan principalmente sobre una descripción de las cuencas hidrogeológicas de México. Posteriormente, se consideran algunos de los problemas que enfrenta nuestro país como consecuencia de las extracciones de agua subterránea, del riego con aguas negras y de la contaminación y su posible relación con la biodiversidad.

4.1. PROVINCIAS HIDROGEOLÓGICAS

México ha sido subdividido en 11 provincias hidrogeológicas, de acuerdo con trabajos realizados por Anderson y otros (1988), Carrillo (1988), Lesser y Lesser (1988), Chávez-Guillén (1988), Riva Palacio (1988), y Velázquez y Ordaz (1992). Estas provincias son: 1) Península de Baja California, 2) Planicies costeras del Pacífico, 3) Sierra Madre Occidental, 4) Cuencas aluviales del norte, 5) Sierra Madre Oriental, 6) Meseta Central, 7) Planicie costera del Golfo de México, 8) Faja volcánica transmexicana, 9) Sierra Madre del Sur, 10) Sierras y valles del sureste, y 11) Península de Yucatán. Las provincias se muestran en la figura 4.2 y sus características más importantes en el cuadro 4.1.

Península de Baja California

Localizada en los estados de Baja California y Baja California Sur, se caracteriza por su clima árido, cuya precipitación total anual varía de 50 mm en el desierto, a 1 000 mm en la Sierra de La Laguna. Debido a su topografía abrupta y a la forma torrencial en que generalmente se presenta la precipitación, el agua superficial se descarga muy rápidamente hacia el mar por lo que existe muy poco aprovechamiento de ésta, de manera que el agua subterránea constituye la fuente más importante de suministro para casi todas las actividades en la región.

El agua subterránea en esta provincia se puede encontrar en tres tipos principales de acuíferos. Los primeros, son aquéllos de grandes extensiones (mayores a 2 000 km^2) alojados en materiales recientes de gran espesor (mayores a 500 m), los cuales sobreyacen a formaciones que

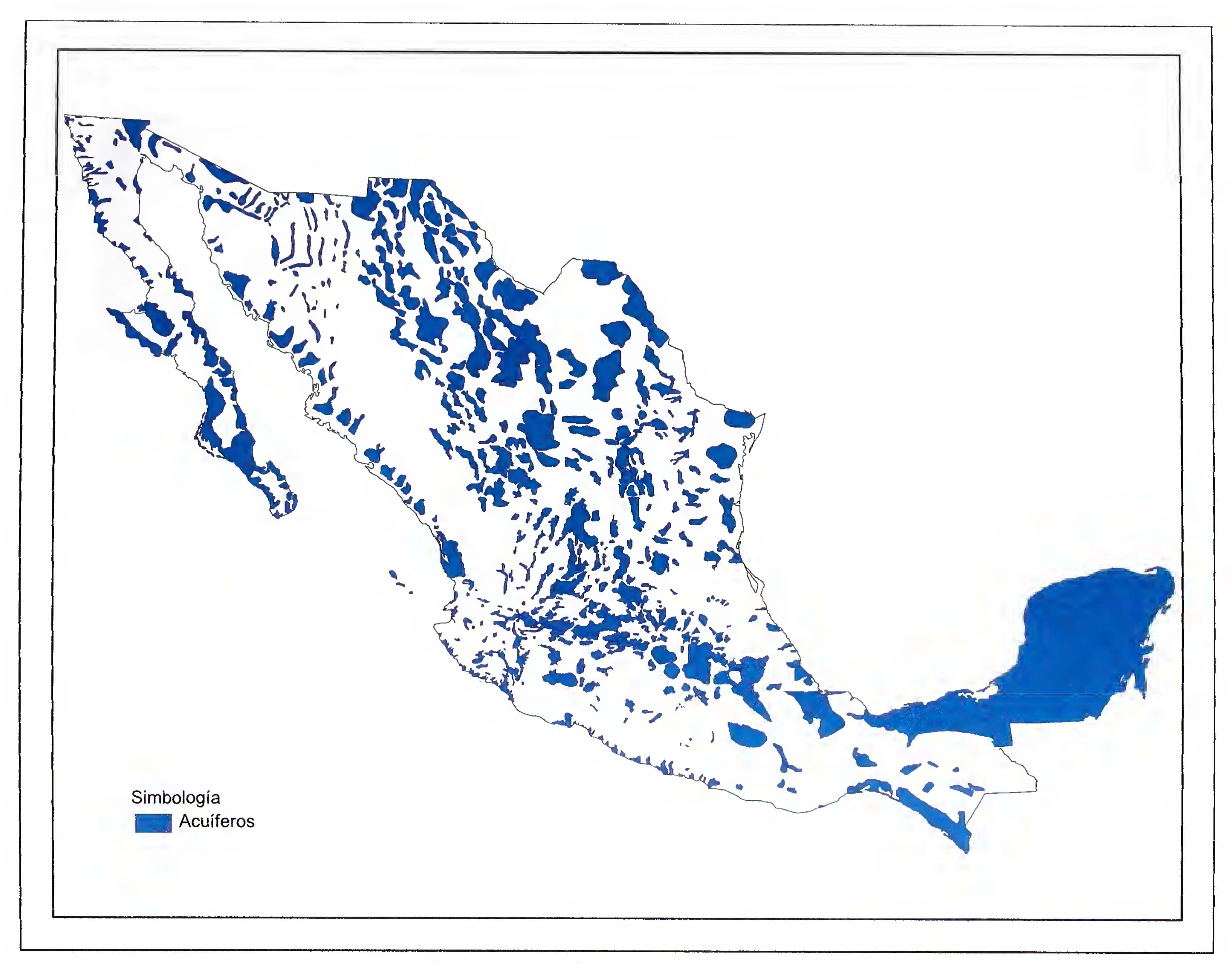


Figura 4.1. Acuíferos de México (CNA, 1999)



Figura 4.2. Provincias hidrogeológicas de México (CNA, 1999)

Cuadro 4.1. Provincias hidrogeológicas de México. Información compilada y ampliada de Heath (1988), Velázquez y Ordaz (1992) y Marín (1990)

Provincia	*Características hidrogeológicas*
Península de Baja California	• Valles planos que tienen como base depósitos gruesos de aluvión separados por montañas alineadas. Las zonas de recarga están en las montañas y ésta se da durante periodos extraordinarios de lluvias. La intrusión salina es uno de los principales problemas de esta zona.
Planicies costeras del Pacífico	• Planicies costeras que en algunos casos se internan al continente decenas de kilómetros; están compuestas por sedimentos arenosos hacia el interior del mismo.
Sierra Madre Occidental	• Una región altamente disectada, compuesta por una secuencia de rocas volcánicas cubiertas por suelos residuales en algunos lugares.
Cuencas aluviales del norte	• Valles planos que tienen como base depósitos aluviales separados por montañas alargadas y discontinuas.
Sierra Madre Oriental	• Cadenas de montañas anticlinales y valles sinclinales compuestos por rocas sedimentarias.
Meseta central	• Valles planos que tienen como base depósitos aluviales gruesos separados por cadenas montañosas suaves compuestas por rocas sedimentarias y volcánicas.
Planicie costera del Golfo de México	• Planicies bajas poco disectadas que descansan sobre capas estratificadas de arenas, limos y arcillas que progresivamente son más gruesas hacia el Golfo de México.
Faja volcánica transmexicana	• Área de montañas altas compuesta de una secuencia compleja de rocas volcánicas con fosas profundas rellenas de material lacustre.
Sierra Madre del Sur	• Área montañosa altamente disectada compuesta por rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas, cubiertas por suelos residuales en las altiplanicies y por material granular no consolidado en la zona costera.
Sierras y valles del sureste	• Área alta de cadenas de montañas anticlinales y valles sinclinales compuestos por rocas sedimentarias cubiertas por capas de suelo delgadas y residuales.
Península de Yucatán	• Una extensa planicie compuesta por rocas carbonatadas y evaporitas. Se presenta un sistema kárstico muy bien desarrollado.

contienen agua salada. Éstos representan los principales acuíferos en explotación; entre ellos se encuentran: valle de Mexicali, valle de Santo Domingo y valle del Vizcaíno, todos ellos con la problemática de que su explotación excesiva puede provocar su contaminación por agua salada, pues al ser abiertos al mar, los abatimientos del nivel piezométrico por debajo del nivel del mar provocan la intrusión de agua salada en los mismos.

En segundo término, están los acuíferos ubicados en valles intermontanos, donde la recarga proviene del deshielo en las Sierras de Juárez y de La Giganta y de la infiltración de los escurrimientos superficiales. Es común que los arroyos, perennes en su porción más alta, se infiltren hasta desaparecer a mediados de los valles, llegando a escurrir aguas abajo únicamente cuando se presentan precipitaciones extraordinarias provocadas por huracanes o ciclones. Estos acuífe-

ros contienen agua de buena calidad; sus extensiones son menores a 1 000 km^2 y sus espesores menores a 300 m. Entre ellos se pueden mencionar el valle de Guadalupe, Ojos Negros, Tecate y Real del Castillo.

En tercer lugar, se encuentran los acuíferos alojados en terrenos subálveos y deltas de los arroyos en su descarga al mar, caracterizados por sus reducidas dimensiones debidas a la topografía abrupta aguas arriba de los deltas. Sus espesores son menores a 100 m, con longitudes de varios kilómetros y anchuras menores a dos kilómetros. Estos acuíferos se caracterizan por lo errático de su recarga, ya que reciben agua únicamente cuando se presentan escurrimientos extraordinarios aguas abajo de los acuíferos intermontanos; se caracterizan también por su alta vulnerabilidad a la intrusión marina y a la alta dinámica que ésta presenta en relación con las recargas extraordinarias. Generalmente, presentan agua de buena calidad en la parte somera, a excepción de las porciones afectadas por la intrusión de agua de mar. En algunos casos, llegan a contener agua termal producto del flujo semi-regional en los materiales volcánicos que constituyen las sierras de Juárez y de La Giganta; entre ellos se pueden mencionar el valle de La Misión, Tijuana y arroyo San Vicente. Cuando el delta está formado por la descarga de dos o más arroyos, el acuífero puede tener dimensiones mayores a las descritas anteriormente, como el caso del valle de Maneadero o el de San Quintín, pero el comportamiento hidrogeológico es similar. La descarga natural del agua subterránea ocurre a través de manantiales en las partes bajas dando origen a pequeños oasis que contrastan agradablemente con el paisaje árido de la península.

Planicies costeras del Pacífico

Está formada por una franja que se extiende a lo largo de la línea costera del Pacífico en los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit. Se caracteriza por un clima que varía de desértico en su porción norte a semiárido en la sur. La precipitación total anual varía desde 50 mm en el desierto de Altar hasta 1 800 mm en los flancos de la Sierra Madre Occidental. Dada la extensión de las cuencas hidrográficas que drenan hacia la planicie, ésta cuenta con importantes ríos que actualmente están captados por grandes presas cuyas aguas se destinan para el riego de los principales distritos agrícolas del país, entre los que destacan valle del Yaqui, río Fuerte, el Carrizo y Culiacán. El aprovechamiento del agua subterránea se realiza de manera intensiva, por bombeo, en los distritos de riego Caborca, Guaymas y costa de Hermosillo, localizados en la porción norte de la planicie, y de manera menos intensiva en unidades de riego diseminadas en toda la región.

El agua subterránea ocurre en grandes cuencas aluviales con espesores mayores a 500 m formadas por los deltas de importantes ríos que se entrelazan para formar la planicie costera. Debido a la construcción de grandes presas se ha captado casi todo el escurrimiento superficial, de manera que la recarga natural de agua subterránea directamente en la planicie se ha reducido sustancialmente, mientras que la recarga inducida por la infiltración de los excedentes del riego en los grandes distritos ha aumentado de manera muy importante. Esto explica la abundancia relativa de agua subterránea que existe en la porción sur de la planicie. Por el contrario, en la porción norte, donde se presentan precipitaciones muy bajas, no se presentan escurrimientos importantes y la actividad agrícola se mantiene de la extracción de agua subterránea, generando casos de intrusión de agua de mar en Guaymas, costa de Hermosillo y Caborca. Debido a la aridez del clima y a los largos tiempos de residencia del agua subterránea en las grandes cuencas aluviales (mismas que se encuentran interdigitadas por estratos arcillosos), ésta es en general ligeramente salobre y, en ocasiones, se capta agua con cierto termalismo derivado del flujo regional en las zonas alteradas de las rocas volcánicas que constituyen el basamento regional.

Sierra Madre Occidental

Constituida por la cadena montañosa de la Sierra Madre Occidental, esta provincia es paralela a la costa occidental de México y cubre parte de los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Naya-

rit, Durango, Zacatecas y Jalisco. Debido al clima lluvioso en las partes altas de la sierra, donde la precipitación total anual puede superar los 2 000 mm, forma la cabecera de los ríos que descargan a las Planicies costeras del Pacífico hacia el occidente, y al Altiplano mexicano hacia el oriente. Por la topografía abrupta de la región, no se presentan grandes cuencas sedimentarias y los acuíferos están alojados en valles intermontanos formados por la acumulación de sedimentos recientes a lo largo de los principales escurrimientos superficiales. La recarga del agua subterránea es muy grande en comparación con la capacidad de los almacenamientos subterráneos, de manera que la renovación de la misma es muy alta; se mantiene así la buena calidad del agua en la mayoría de los acuíferos, además de que su aprovechamiento es incipiente. Dentro de los acuíferos representativos de esta provincia se pueden mencionar los ríos Bavispe en Sonora, Madera y Yepómera en Chihuahua, Mezquital en Durango y Mezquitic en Jalisco.

Cuencas aluviales del norte

Localizada en la porción árida del norte del país, cubre parte de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango; la precipitación total anual varía desde 200 mm en el desierto de Samalayuca, hasta 800 mm en las estribaciones de las sierras que la limitan. Se caracteriza por estar constituida por grandes cuencas sedimentarias que dan origen a extensas planicies aluviales separadas por pequeñas sierras. Con base en la hidrografía, se pueden identificar dos principales tipos de cuenca en esta región: las cuencas cerradas y las cuencas interconectadas. Estas últimas pueden descargar a una cuenca cerrada o a otra cuenca, hasta llegar a descargar a los grandes colectores superficiales como el río Bravo. Los acuíferos que se forman en estas cuencas son generalmente de gran extensión y espesores superiores a los 500 m. Están formados por sistemas multicapa, donde se intercalan capas de materiales finos con otras de materiales gruesos y que en general se van haciendo cada vez más finos hacia el centro de la cuenca, tornando muy complejo el sistema de flujo del agua subterránea.

Debido a la escasa precipitación en los grandes valles, la recarga directa por infiltración de agua de lluvia es mínima; la principal fuente de recarga es el flujo proveniente de las pequeñas sierras que circundan los valles y, en menor grado, la infiltración de arroyos intermitentes cuando hay lluvias abundantes. Por lo anterior, la renovación del agua es muy lenta lo que da origen a agua subterránea con altos contenidos de sales. La evapotranspiración es muy importante en las partes más bajas de las cuencas cerradas (zonas de descarga natural), donde se forman zonas de inundación, conocidas como barreales, y lagunas de extensión muy variable de acuerdo con la estación del año y que incluso llegan a secarse durante algunos meses, como la laguna de Guzmán. El aprovechamiento de agua, dadas las condiciones de aridez en la región, se lleva a cabo mediante presas para captar el agua superficial, lo que permite el establecimiento de distritos de riego, y mediante amplias zonas de riego sostenidas a costa del agua subterránea almacenada en las grandes cuencas aluviales. A pesar de que la extracción de agua es cada vez más profunda, ésta puede presentar altos contenidos de sales y, en muchos casos, metales pesados debido a los largos tiempos de residencia del agua dentro del sistema. Algunas de las cuencas cerradas son la laguna de Mexicanos, Saúz - Encinillas y el acuífero principal en la Comarca Lagunera.

Sierra Madre Oriental

Formada por una extensa cadena montañosa localizada en la parte centroriental del país, cubre parte de los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luís Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz. La precipitación total anual es muy variada, desde 200 mm en su extremo noroccidental, a la altura de la Comarca Lagunera, hasta los 3 000 mm en su extremo suroriental, cerca de Huauchinango. La topografía es abrupta en general, formada por los plegamientos de las rocas calcáreas que constituyen la sierra y que dan origen a fuertes pendien-

tes con flancos inclinados y grandes escarpes. El agua subterránea se puede encontrar en pequeños acuíferos de rellenos granulares que se encuentran en valles intermontanos, y en extensos acuíferos regionales localizados en las estructuras geológicas a grandes profundidades. Debido a la alta deformación que presentan las rocas calizas, existen zonas con alta densidad de fracturamiento y algunas formaciones geológicas presentan numerosas dolinas y huecos debidos a la disolución. La recarga del agua subterránea es muy alta debido a la alta precipitación y a la gran permeabilidad secundaria que tienen las rocas calcáreas; la descarga natural se da por medio de numerosos y grandes manantiales en la base de las sierras, como los de Pujal Coy y la Media Luna. El aprovechamiento del agua subterránea en estos acuíferos regionales es mediante pozos de profundidades superiores a los 1 000 m, donde el agua asciende por artesianismo debido a la presión con que se encuentra confinada en aquellas profundidades. Un ejemplo son algunos de los pozos utilizados para el abastecimiento de agua potable de la zona metropolitana de Monterrey. Los acuíferos localizados en los rellenos granulares contienen generalmente arcillas de baja permeabilidad y con escasa permeabilidad secundaria en zonas de fracturamiento de las lutitas, por lo que su aprovechamiento es incipiente y generalmente destinado para usos domésticos, dado que a veces contienen agua con altas concentraciones de sales.

Meseta Central

Se localiza en la parte central del país y cubre parcialmente los estados de Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luís Potosí, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y Querétaro. La precipitación total anual varía desde 200 mm en el extremo sur del estado de Coahuila, hasta 1 000 mm en la porción norte del estado de Querétaro. La topografía general es plana, constituida por valles limitados por sierras y cadenas montañosas de mediana altura que generan dos grandes grupos en relación con el escurrimiento superficial. En la parte norte, donde el clima es más árido, el escurrimiento es, en general, hacia cuencas cerradas, mientras que en la parte sur las cuencas son abiertas y descargan al río Lerma, que es un gran colector. El agua subterránea se aloja en grandes depósitos granulares, con espesores que van de 200 a 500 m, y que rellenan fosas tectónicas que se produjeron como resultado de la revolución Laramídica; se aloja también en los materiales volcánicos fracturados que subyacen a los depósitos granulares. Debido a que en esta región del país se encuentra buena parte de la población y de las industrias, y a que durante muchos años se ha practicado la agricultura de riego con aguas subterráneas, la importancia socioeconómica del aprovechamiento del agua subterránea es muy alta, incluso se dan casos de fuerte competencia por el uso, la escasez en las fuentes de abastecimiento y el agotamiento de las reservas acuíferas.

La recarga del agua subterránea ocurre directamente en las sierras, en las cadenas montañosas y en los valles. De esta forma, se generan dos esquemas de flujos de agua dentro de los acuíferos: uno local, dentro de los depósitos granulares, y otro regional, cuando el agua baja desde las partes más altas donde se infiltra y viaja a través de las zonas fracturadas de los materiales volcánicos y de las rocas calcáreas en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental. El contacto prolongado del agua con las rocas volcánicas le imprime ciertas características, como termalismo y contenido de elementos traza. Debido al intenso bombeo en los pozos, estos sistemas de flujo que originalmente se encontraban en equilibrio hidráulico, se han visto muy alterados e interactúan entre sí buscando un nuevo punto de equilibrio, lo cual no es posible dado el ritmo de agotamiento de las reservas en los materiales granulares. Así, pozos que antes producían agua de muy buena calidad en los depósitos granulares, actualmente contienen agua con cierto termalismo y elementos traza; tal es el caso de los acuíferos de Aguascalientes, Querétaro y San Luis Potosí, por mencionar algunos. La descarga natural de los acuíferos es por medio de evapotranspiración en las partes bajas de las cuencas cerradas; del drenado en los terrenos subálveos

en la temporada de secas, mismos que en las cuencas abiertas funcionan como zonas de recarga por infiltración del escurrimiento en la temporada de lluvias; y de los sistemas regionales de flujo que generalmente descargan por medio de manantiales termales en barrancas y hondonadas que interceptan los materiales volcánicos, y manantiales que forman el flujo base de numerosos arroyos.

Planicie costera del Golfo de México

La porción sur de esta región se encuentra localizada en la parte de la costa del Golfo de México que cubre parcialmente los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Campeche. La precipitación total anual varía desde 800 mm en la parte centro del estado de Veracruz, hasta más de 4 500 mm en las estribaciones de la sierra de Chiapas. La topografía es por lo común plana con una suave pendiente hacia la costa, dando como resultado la formación de grandes ríos como el Papaloapan, el Grijalva, el Coatzacoalcos y el Jamapa que divagan por la planicie para descargar finalmente al Golfo; esto ha originado la acumulación de grandes paquetes de sedimentos granulares recientes depositados sobre sedimentos terciarios no consolidados. El agua subterránea se encuentra alojada en dos de estos grandes paquetes, que en conjunto pueden tener algunos miles de metros de espesor y donde el contenido de sales en el agua aumenta con la profundidad y se acerca a los sedimentos terciarios. Debido a la alta precipitación y a la buena distribución de las lluvias a lo largo del año, la recarga del agua subterránea es muy buena, aunque circula muy rápidamente para descargar al mar o a los cauces de los grandes ríos. El aprovechamiento del agua subterránea es muy limitado; se usa principalmente para el abastecimiento de las poblaciones, en las instalaciones industriales que requieren agua de buena calidad, y para inyectarla a los yacimientos petroleros para la recuperación secundaria. Dada la continuidad hidrogeológica en toda la región, interrumpida únicamente por el macizo de San Andrés Tuxtla, los acuíferos identificados se han delimitado generalmente por límites hidrológicos más que por límites hidrogeológicos, presentando extensiones mayores a los 1 500 km^2. Entre estos acuíferos se encuentran la zona costera de Veracruz, Cotaxtla, Los Naranjos, costera de Coatzacoalcos, La Chontalpa, Centla y Palizada.

La porción noreste, localizada a lo largo de la costa central del Golfo de México, cubre parcialmente los estados de Veracruz, Tamaulipas, Puebla, Hidalgo y Nuevo León. La precipitación total anual en esta porción varía desde 500 mm en la parte norte, en el límite con Estados Unidos, hasta cerca de 4 000 mm en la sierra de Teziutlán, en el extremo sur de la misma. La topografía es ondulada con cierta pendiente hacia el mar, con cauces labrados en rocas sedimentarias marinas del Cenozoico, constituidas por arcillas y areniscas. Esto ha permitido la formación de ríos importantes como el Tuxtla, el Cazones y el Nautla, generados en el flanco oriental de la Sierra Madre Oriental, que drenan el escurrimiento, y lo descargan al Golfo de México. En las estribaciones de la sierra, los cauces labrados por estos ríos llegan a formar cañones con rápidos, mientras que en las proximidades del Golfo de México la pendiente disminuye drásticamente permitiendo la acumulación de sedimentos continentales y dando origen a los terrenos subálveos donde se alojan los principales acuíferos de la región. Debido a la abundancia de agua superficial y a las condiciones climáticas propias del Golfo de México, el agua subterránea es poco utilizada y se le aprovecha principalmente para abastecimiento de agua potable mediante pozos someros ubicados en las márgenes de los ríos. Los acuíferos en esta región presentan reducida extensión superficial (menos de 500 km^2) y espesores menores a 50 m.

Faja Volcánica Transmexicana

Se extiende a lo largo de la porción central del país, cubriendo parte de los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Estado de México, Distrito Federal, Jalisco, Michoacán, Colima y Nayarit. Se caracteriza por tener un clima tropical húmedo en el este, árido en su porción central

y semiárido en la porción oeste, con fuertes variaciones entre las zonas costeras, las cadenas montañosas y el altiplano en su porción central. La precipitación total anual oscila entre 300 mm en el altiplano y 2 000 mm en las partes montañosas y las zonas costeras. En esta región se encuentran los principales volcanes del país, entre ellos el Popocatépetl, el Iztaccíhuatl, La Malinche y el Nevado de Toluca.

Las rocas que caracterizan esta región son de origen volcánico, se presentan valles intermontanos rellenos con material piroclástico y depósitos lacustres; la infiltración del agua subterránea se presenta en las zonas fracturadas de las cadenas montañosas y circula hasta su acumulación en los valles y zonas lacustres. Debido a la alta permeabilidad de los materiales volcánicos la circulación del agua subterránea es muy rápida, por lo que en general su calidad es excelente. Sin embargo, cuando la circulación es profunda, el agua entra en contacto con las emanaciones volcánicas y adquiere una composición química particular, mientras que en las zonas lacustres como el Valle de México, la calidad del agua subterránea está marcada por los efectos de la evapotranspiración y el intercambio iónico con las arcillas de los depósitos lacustres.

Los principales acuíferos ubicados en esta región, como los de los valles de México, Puebla y Toluca, entre otros, se encuentran sometidos a una explotación intensiva dada la gran demanda de agua de los grandes núcleos poblacionales establecidos en ella.

Sierra Madre del Sur

Esta región, localizada en la porción suroeste del país, cubre parte de los estados de Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Morelos y Colima; se caracteriza por tener una gran variedad de climas, desde el cálido subhúmedo fuertemente estacional en las zonas costeras, hasta semiárido en la parte norte. La precipitación total anual varía desde 500 mm en las zonas semiáridas, hasta 1 200 mm en la costa y 2 500 mm en las partes altas de la sierra. La topografía es abrupta en general, formada por los plegamientos de las rocas metamórficas que constituyen la sierra y dan origen a fuertes pendientes con flancos inclinados y grandes escarpes. El agua subterránea se puede encontrar en pequeños acuíferos de rellenos granulares en valles intermontanos, como los valles centrales de Oaxaca, en extensos acuíferos regionales localizados en las estructuras geológicas a grandes profundidades, como en la zona de Nochistlán, y en pequeños valles costeros rellenos de aluvión.

La recarga del agua subterránea es muy alta debido a la fuerte precipitación y a la gran permeabilidad secundaria que tienen las rocas. La descarga natural se da por medio de numerosos manantiales en la base de las sierras y por el flujo base de los arroyos que cruzan los valles intermontanos. Debido a la alta permeabilidad, la circulación del agua subterránea es muy rápida, por lo que, en general, la calidad del agua en los acuíferos es muy buena. Sin embargo, dada la complejidad de las estructuras geológicas no se presenta un aprovechamiento intensivo de los acuíferos regionales y principalmente se utiliza el agua subterránea de los valles intermontanos.

Sierras y valles del Sureste

Esta región cubre casi todo el estado de Chiapas y una pequeña parte de los estados de Tabasco y Oaxaca. Se caracteriza por dos subregiones muy claramente definidas: la sierra de Chiapas y la planicie costera de Chiapas. El clima varía desde cálido húmedo en la zona costera hasta templado en las partes altas de la sierra; la precipitación total anual varía de 2 000 mm en la costa a valores superiores a los 3 000 mm en las partes altas de la sierra. Debido a la alta precipitación en esta región, se forman caudalosos ríos que escurren hacia el Golfo de México, como los ríos Grijalva y Usumacinta, y hacia la costa del Pacífico, como el río Suchiate.

En la parte de la sierra, el agua subterránea se presenta en pequeños acuíferos intermontanos de materiales de acarreo generalmente finos, cuya producción en los pozos es poca. Por el contrario, en la zona costera se encuentran grandes acuíferos de materiales aluviales con espesores muy potentes y grandes producciones en los pozos. En esta región, uno de los problemas más frecuentes es la descarga de materiales finos en los pozos, debida a la granulometría del subsuelo. El agua captada en los pozos es de reciente infiltración, de manera que es de muy buena calidad, no obstante que en algunos casos ésta es afectada por la presencia de fierro y manganeso en los materiales arcillosos. Debido a la topografía plana en la zona costera, los acuíferos son muy sensibles a la intrusión de agua de mar al invertirse los gradientes hidráulicos por efecto del bombeo en los pozos y debido a la presencia de materiales arcillosos; la circulación del agua es muy lenta, lo que permite la concentración de contaminación orgánica por las actividades agrícolas y ganaderas.

Península de Yucatán

Esta provincia se encuentra localizada en el sureste de México. Las rocas de esta zona están compuestas de calizas y evaporitas. Por lo tanto, se ha desarrollado un gran sistema kárstico de cavernas y dolinas. La precipitación total anual varía de 1 500 mm en las costas del Caribe a sólo 500 mm en el norte de la península; la evapotranspiración promedio es de 2 255 mm. La única fuente de agua dulce en la península es una lente delgada de agua dulce que flota sobre el agua salada; ésta tiene, por ejemplo, un espesor de 45 m en Mérida. El agua salada se ha detectado a más de cien kilómetros de la costa (Steinich y Marín, 1996).

5. AMBIENTES ACUÁTICOS Y BIODIVERSIDAD

El mosaico de ecosistemas de nuestro país ha desempeñado un papel muy importante en el desarrollo de las comunidades acuáticas. Los hábitats acuáticos epicontinentales son diversos y en algunos estados de la República ocupan una gran superficie. Entre los ambientes acuáticos epicontinentales más extendidos se cuenta con importantes superficies en los estados de Tamaulipas y Veracruz en la región Golfo de México; en la región Sureste, en los estados de Tabasco, Campeche y Chiapas; en la región Pacífico tropical, en el estado de Nayarit, y en la región Centro, en los estados de Jalisco y Michoacán.

5.1. CUERPOS DE AGUA LÓTICOS Y LÉNTICOS

Las aguas interiores o epicontinentales se dividen en cuerpos de agua lóticos y lénticos. Los primeros son aquéllos cuyas aguas están en movimiento y corresponden principalmente a las corrientes superficiales, como ríos y arroyos; los segundos, por su parte, son los almacenamientos de agua, ya sean naturales como en el caso de lagos y lagunas, o artificiales, es decir, embalses formados por represamientos de diversos tipos.

En cuanto al escurrimiento superficial, existen cerca de 320 cuencas de drenaje en México (García, 1982; Sedesol, 1993), con un volumen medio anual de 410 km^3 (figura 5.1). De éstas, solamente 37 son consideradas principales con base en el volumen conducido (Toledo *et al.*, 1989), 12 drenan al Golfo de México y el mar Caribe, 19 al Océano Pacífico y mar de Cortés, y seis son endorreicas. Existen cuatro vastas zonas carentes de drenaje superficial, ya sea por la escasa precipitación pluvial, el tipo de suelo o ambas: el Bolsón de Mapimí, El Salado y las penínsulas de Baja California y Yucatán.

México posee un número importante de ríos (figura 5.2). Los ríos que drenan al Pacífi-

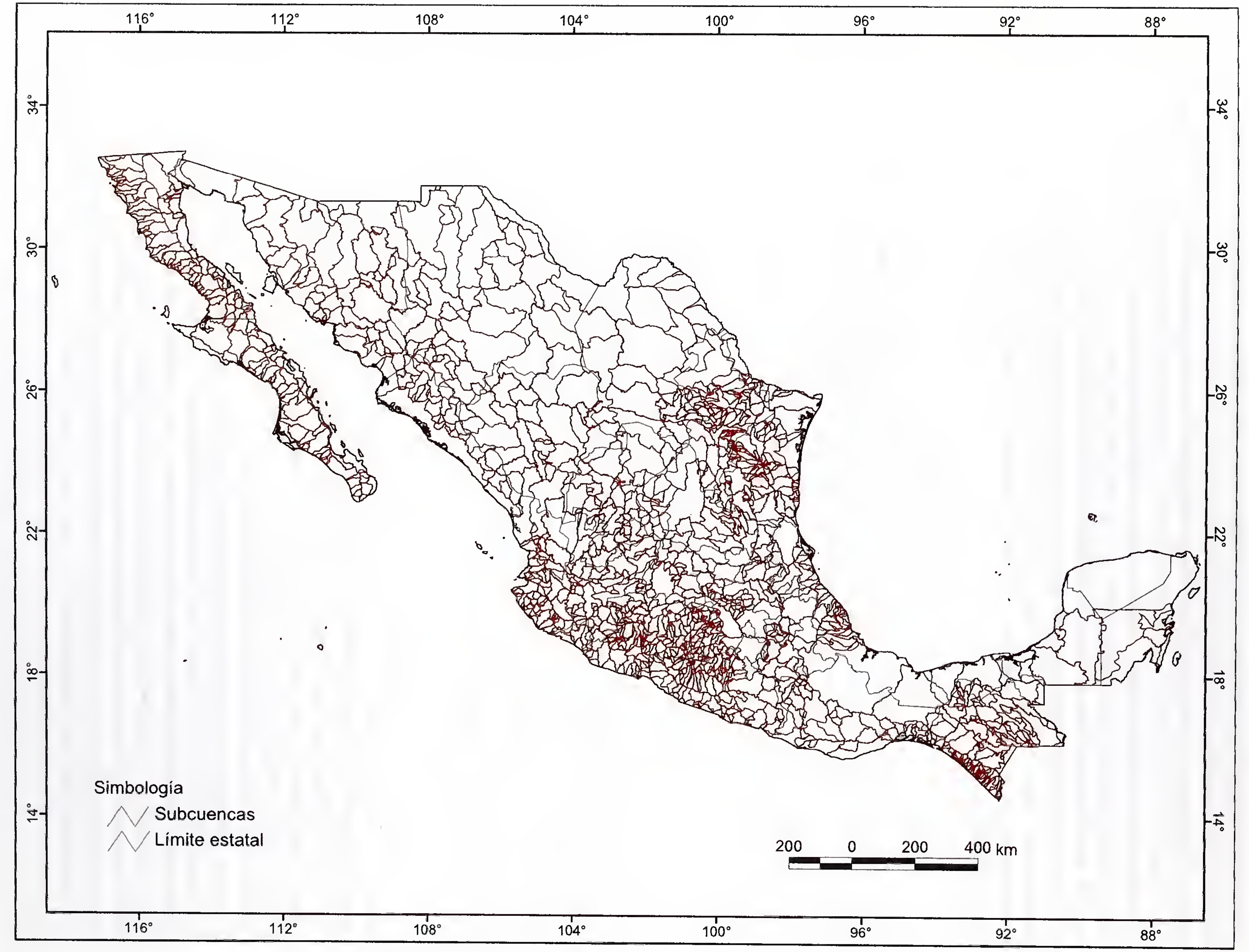


Figura 5.1. Subcuencas hidrográficas de México (SRH, 1970)

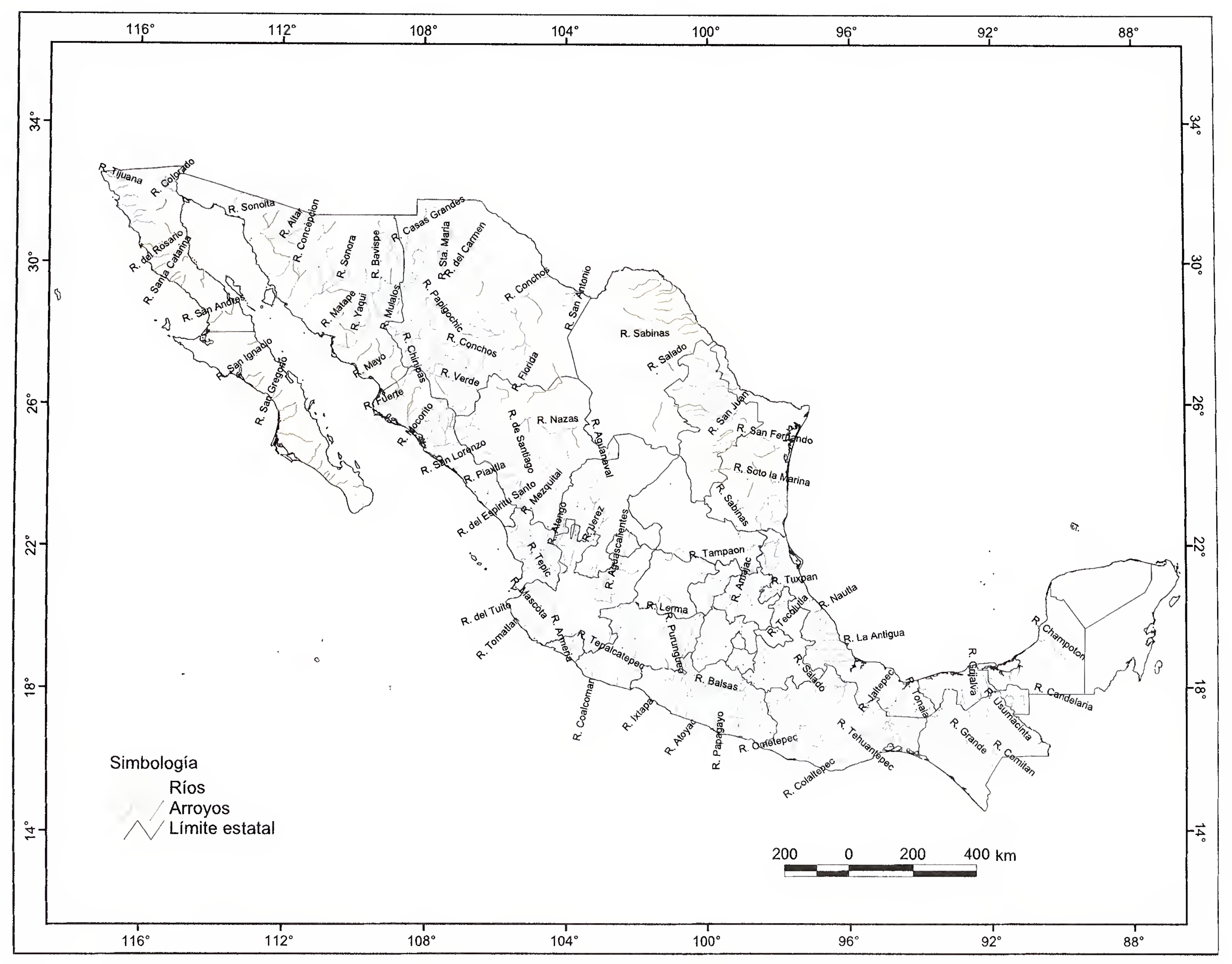


Figura 5.2. Ríos principales de México (Maderey y Torres-Rauta, 1999)

co, con excepción del Lerma-Santiago y Balsas, son generalmente pequeños, de flujo rápido, pendientes pronunciadas, bajo volumen de descarga, no navegables y con un periodo de estío largo. En contraparte, los que drenan al Golfo de México y al mar Caribe son extensos, de flujo lento, pendientes suaves, descargan grandes volúmenes, son usualmente navegables y con un periodo de estío corto. Finalmente, los ríos interiores son de importancia local por su reducido volumen de descarga (Bassols, 1977; Sedue, 1986; Toledo *et al.*, 1989). Los ríos más importantes, por su volumen medio anual, son: para la vertiente del Pacífico, Colorado, Yaqui, Fuerte, Culiacán, Lerma-Santiago, Balsas, Papagayo, Ometepec, Verde, Tehuantepec y Suchiate, y para la vertiente del Golfo, los ríos Bravo, Pánuco, Tuxpan, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta. Para cuencas interiores, los ríos más importantes son Nazas, Santa María, Casas Grandes y del Carmen, cuyos caudales son menores que los de la mayoría de las vertientes exteriores, sin embargo, constituyen un elemento de gran importancia en la economía regional. Finalmente, es interesante destacar la pobreza de corrientes superficiales en las regiones de Baja California y Valle de México (en este último se asienta más de 20% de la población nacional), las cuales representan únicamente el 0.06 y 0.45% del escurrimiento medio anual del país (Sánchez *et al.*, 1989).

En cuanto a los ambientes lénticos, se calcula que en el país existen cerca de 70 lagos, con tamaños de superficie que varían entre 1 000 y más de 10 000 hectáreas y que en conjunto cubren un área de 370 891 hectáreas; hay también 14 000 reservorios, de los cuales 83.5% tiene una superficie menor que diez hectáreas. La disparidad entre estos cuerpos de agua es significativa, ya que los embalses mayores de 10 000 hectáreas cubren 66% de la superficie inundada (De la Lanza y García, 1995).

Los lagos más importantes con que cuenta nuestro país se encuentran en la zona accidentada del Eje Volcánico Transversal, asociados al sistema Lerma-Santiago y muchos de ellos son de origen volcánico o tectónico-volcánico. La zona con mayor número de cuerpos de agua lénticos es la centro-occidente, que incluye los estados de Jalisco y Michoacán principalmente, y le siguen en importancia las regiones centro-sur y norte. El sureste del país no tiene una gran preponderancia en cuanto al número de lagos (Athié, 1987). El mayor de los lagos mexicanos es el de Chapala en Jalisco, le siguen en orden de importancia Cuitzeo y Pátzcuaro en Michoacán, Catazajá en Chiapas, Del Corte en Campeche, Babícora y Bustillos en Chihuahua y Catemaco en Veracruz, entre otros (Alcocer y Escobar, 1996).

La superficie cubierta por cuerpos de agua en nuestro país ha pasado de ser mayormente natural a preponderantemente artificial, debido a los grandes embalses construidos para abastecer extensas zonas de riego y proyectos hidroeléctricos. Según datos reportados en el Programa de Trabajo 2000 existen cerca de 4 500 obras de almacenamiento. De ellas, 840 están clasificadas como grandes presas, con una capacidad de almacenamiento conjunta de 150 km^3 (Semarnap, 2000). Entre las más importantes se encuentran La Amistad, Falcón, Vicente Guerrero, Álvaro Obregón, Infiernillo, Cerro de Oro, Temascal, Caracol, Requena y Venustiano Carranza. El estado con mayor capacidad de almacenamiento es Chiapas con tan sólo tres grandes embalses (Chicoasén, La Angostura y Malpaso) que almacenan 28% del total nacional. El estado con mayor número de presas o reservorios es Jalisco, en el cual se ubica 14% del total del volumen almacenado (Semarnap, 1996a).

La necesidad de contar con un inventario nacional actualizado de los cuerpos de agua y humedales, para llevar al cabo una mejor planeación y manejo de los recursos hídricos del país, llevó a la CNA a elaborar un mapa a escala 1:250 000 de los cuerpos de agua y humedales perennes y temporales del territorio nacional (figura 5.3). En el cuadro 5.1 se muestran las clases de cuerpos de agua y su área correspondiente.

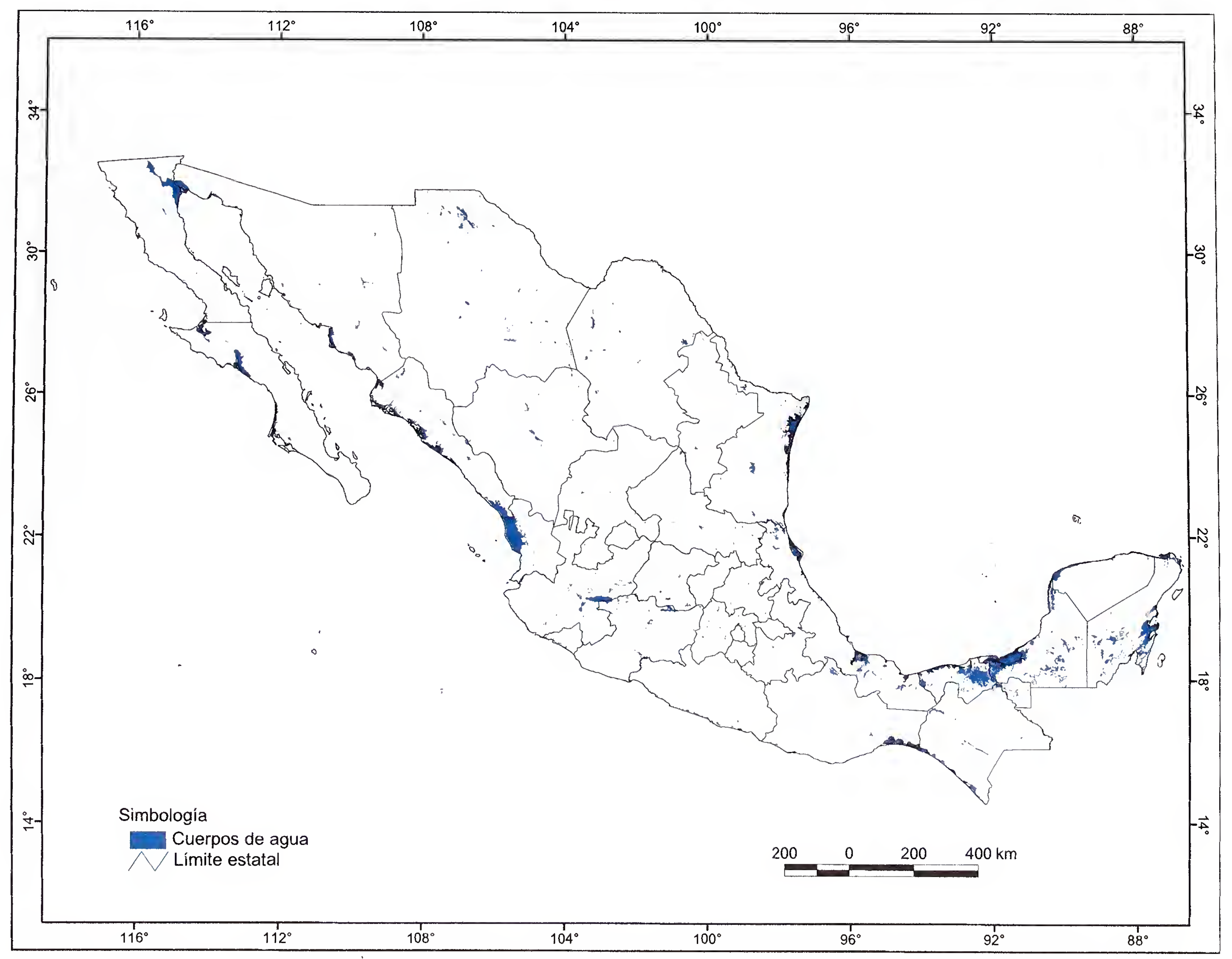


Figura 5.3. Inventario de cuerpos de agua y humedales de México (CNA, 1998b)

Cuadro 5.1. Cuerpos de agua y humedales de México (CNA, 1998b)

Clase	*Área* (km^2)
Estero	1 656.9
Lago	4 339.5
Lago temporal	1 512.4
Laguna	9 729.8
Laguna temporal	201.3
Marisma	12 289.6
Pantano	3 880.5
Presa	3 550.3
Presa temporal	447.7
Zona inundable	19 996.2

De acuerdo con la CNA, las zonas inundables representan el área más extensa con 34.7% del total de los cuerpos de agua y humedales del país. Le siguen en importancia las marismas con 21.3%, las lagunas con 17.3%, los lagos con 10.1%, las presas con 7%, los pantanos con 6.7% y, por último, los esteros con 2.9%. Este inventario incluye no sólo los cuerpos de agua permanentes, sino también los temporales; los divide en 10 clases diferentes, las siete principales se explican a continuación:

- Lago: se trata un cuerpo de agua epicontinental, permanente o temporal, de profundidad y dimensiones variables, que se encuentra en depresiones de la superficie terrestre. Puede presentar diferentes orígenes: a) la cuenca es creada por un glaciar o bloqueada por depósitos glaciares, terrestres o diques aluviales; b) formada por un graben u otras cuencas estructurales, y c) por actividad volcánica, meteórica y por transporte de sedimentos por viento. Los lagos son abastecidos por arroyos, escurrimientos, ríos, aguas subterráneas y lluvia, y pierden agua a través de evaporación, infiltración y salidas por ríos o canales.
- Laguna: se trata de una depresión somera, permanente o temporal, semiaislada de las aguas oceánicas costeras por barreras de arena adonde drenan las aguas continentales. Por esta razón pueden presentar concentraciones de sal desde cercanas al agua dulce como al agua de mar. Son comunes en planicies costeras de poca pendiente, con depositación activa y están restringidas a zonas donde los intervalos de marea son inferiores a cuatro metros. Una de sus características es la presencia de una o más bocas permanentes, estacionales o efímeras, que la comunican con el mar.
- Presa: es una construcción sobre un río para controlar el nivel de aguas arriba, regular su flujo y derivar caudales; se caracteriza por presentar una estructura llamada cortina que posee una serie de mecanismos de control (compuertas u otros). También se le denomina embalse o reservorio artificial y puede ser permanente o temporal.
- Pantano: es una depresión que no es lo suficientemente profunda como para formar un lago; se sitúan en las márgenes de cuerpos de agua que son invadidos por vegetación que se desarrolla bajo condiciones de gran humedad y de lluvias frecuentes como zacatales, juncos, musgos e hidrófitas. Los pantanos se pueden clasificar con base en su nivel trófico, el tipo de vegetación dominante y por su micro o macro relieve.
- Marisma: terrenos bajos y anegados en las grandes avenidas de los ríos y cerca de sus desembocaduras, que suelen ser ocupados por las aguas sobrantes de las mareas al encontrarse con las aguas dulces. También pueden ser llanuras pobremente drenadas de la

planicie costera. Las fanerógamas y halófitas forman comunidades densas que ayudan a retener el fango. Las marismas ocupan 21.3% de la superficie total de cuerpos de agua y humedales del país.

- Estero: porción de la superficie terrestre en una zona de desembocadura fluvial, con frecuencia deltaica de baja dinámica, que es afectada diariamente por la marea; definen sus límites tanto la pleamar como la bajamar. También puede ser un terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia, desbordes de un río o una laguna cercanos, o por el mar.
- Zona inundable: se refiere a un terreno adyacente y casi al mismo nivel que el cauce de un río, que es inundable solamente cuando el caudal excede la capacidad del cauce. También puede ser un encharcamiento natural del terreno durante los periodos de aguas altas.

Los recursos limnológicos son, en esencia, rasgos efímeros (en tiempo geológico) del paisaje continental que reflejan las condiciones climáticas y geomorfológicas regionales. Por esta razón, pueden distinguirse distritos lacustres (zonas en donde se presenta un grupo de lagos con origen, edad y características ambientales similares) (Alcocer, 1998).

5.2. ECOSISTEMAS ACUÁTICOS Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

Las aguas epicontinentales incluyen una rica variedad de ecosistemas, muchos de los cuales están física y biológicamente conectados o articulados por el flujo del agua y el movimiento de las especies. Sin embargo, debido a las limitaciones en el conocimiento de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos de México, la mayor parte de la discusión está enfocada a los peces y, en mucho menor medida, a los anfibios y reptiles. Esto produce una apreciación limitada de la riqueza de la biota acuática epicontinental cuyas diversidad y funciones ecológicas son piezas clave para el mantenimiento del ambiente acuático (McAllister *et al.*, 1997) y el bienestar de las comunidades humanas, no sólo a escala local sino regional, nacional y global.

Sin importar el área relativamente pequeña que representan, las aguas continentales albergan una gran variedad de grupos taxonómicos recientes y antiguos. Todos estos grupos están presentes en las aguas continentales: insectos, arácnidos, crustáceos, moluscos, nemátodos, plantas, algas, protozoarios, hongos, bacterias y virus. Cerca de 12% de las especies animales, incluyendo 41% de todas las especies de peces reconocidas, viven en ríos y lagos dulceacuícolas, que constituyen 0.008% de las aguas mundiales (Kottelat y Whitten, 1996). Si se considera que alrededor de la mitad de los vertebrados son peces, puede calcularse que alrededor de 25% de los vertebrados del mundo están restringidos a las aguas continentales. Globalmente, y a pesar de que el número absoluto de las especies de aguas continentales es bajo en términos de especies presentes por unidad de área, los ecosistemas epicontinentales son, en promedio, ligeramente más ricos que los terrestres y 15 veces más ricos que el ambiente marino (UNEP, 1997).

México es uno de los países con mayor diversidad biológica, la cual representa una porción importante del patrimonio nacional. Esta megadiversidad se debe principalmente a su ubicación entre las regiones tropical y templada, así como a su intrincado relieve y compleja historia geológica. Este hecho hace posible una gran diversidad de climas, lo que propicia que en él existan prácticamente todos los ecosistemas tipo que se pueden hallar en el planeta.

En lo que se refiere a las aguas interiores y debido a que el grupo de los peces epicontinentales es uno de los *taxa* más estudiados, éste sirvió de ejemplo en el presente estudio para describir la gran diversidad que habita en estos sistemas. Según Espinosa *et al.* (1998), cerca de 384 especies de peces han sido registradas para México como estrictamente epicontinentales (cuadro 5.2). De acuerdo con su distribución por provincia zoogeográfica, se agrupan de la siguiente manera: 8 familias con 47 géneros y 152 especies, pertenecientes a la región Neártica, y 12 familias

con 18 géneros y 27 especies, a la región Neotropical. El límite entre estas dos provincias es una zona de sobreposición de faunas llamada "zona de transición centroamericana-mexicana", que tiene elementos norteamericanos y mesoamericanos; está representada por cuatro familias con 19 géneros y 132 especies. Existen, también, alrededor de siete familias (con 18 géneros y 73 especies) compartidas por ambas provincias.

Cuadro 5.2. Países con mayor diversidad de especies de peces epicontinentales (http://www.cespedes.org.mx)

País	*Especies de peces dulceacuícolas*
Estados Unidos*	822
México	**384**
Australia	216
Japón	186
Canadá	177
Turquía	152

* Incluye las islas del Pacífico y del Caribe

Los ambientes acuáticos son sumamente difíciles de predecir. Su desecación, sobrexplotación, contaminación y la introducción de especies exóticas en ellos son algunos de los principales factores que han ocasionado la extinción local de especies, algunas de las cuales posiblemente ni siquiera se llegaron a conocer. Para México, se han reportado 16 especies de peces extintas, de las cuales 14 eran endémicas. Además, otras 126 especies se encuentran dentro de las categorías de especies raras, amenazadas y en peligro de extinción (http://www.cespedes.org.mx).

La mayoría de los peces de aguas continentales de México tuvieron su origen en los océanos Indo-Pacífico y Atlántico Oriental. Su radiación y evolución en aguas continentales y estuarinas están íntimamente relacionadas con la historia geológica de México (Miller y Smith, 1986). La fragmentación de hábitats acuáticos llevó al aislamiento genético de las poblaciones y probablemente a una especiación local. El gran número de *taxa* autóctonos entre los peces mexicanos sugiere una evolución local importante. Ejemplos claros de evolución por fragmentación y vicarianza son la familia Petromyzontidae (representada por *Lampetra spadicea* y *L. geminis*), uno de los grupos más primitivos de vertebrados, en Michoacán y Jalisco, y los complejos de especies de *Chirostoma* en el río Lerma. En el Altiplano norte existen ejemplos de fragmentación y diferenciación de poblaciones en la familia Cyprinidae. En la península de Baja California, debido a su aislamiento del continente durante el Mioceno, quedaron aisladas poblaciones de *taxa* neárticos como el género *Fundulus* (Espinosa *et al.*,1998).

Sistemas fluviales

Los sistemas fluviales albergan una gran diversidad de especies de peces, crustáceos, moluscos e insectos que son elementos clave en las redes alimenticias. Estos sistemas son, además, un mosaico diverso de formas terrestres, comunidades y ambientes que sirven como marco para entender la organización, diversidad y dinámica de las comunidades de plantas y animales asociadas a ellos (Naiman *et al.*, 1995). Mantener la integridad de estas comunidades requiere de un manejo especial y, en algunos casos, de protección contra la deforestación, sobrepastoreo, construcción de caminos, uso recreacional intensivo y otros tipos de explotación. Su escasa protección ha provocado que estén muy degradados por su uso.

En México, los sistemas fluviales son notables en cuanto a su biodiversidad por la composi-

ción variable de especies de peces; muchos de ellos sustentan ictiofaunas exclusivas. De acuerdo con Espinosa *et al.* (1998) y Miller (1986), las familias con mayor número de especies endémicas son Petromyzontidae, Clupeidae, Cyprinidae, Cichlidae, Cyprinodontidae, Goodeidae, Atherinidae y Poeciliidae. En el cuadro 5.3 se listan los porcentajes de peces endémicos para diferentes cuencas.

Cuadro 5.3. Porcentaje de peces endémicos para diferentes cuencas (Miller, 1986)

Cuenca	*Total de especies*	*% de endemismos*
Lerma-Santiago	57	58
Grijalva-Usumacinta	ND*	36
Pánuco	75	30
Balsas	20	35
Ameca	ND*	32
Papaloapan	47	21
Coatzacoalcos	53	13
Conchos	34	21
Tunal	13	62

* ND = no disponible.

La cuenca Lerma-Santiago es característica por su alto grado de endemismo en las familias Goodeidae y Atherinidae; el sistema Grijalva-Usumacinta posee especies endémicas de Poeciliidae (*Gambusia* y *Priapella*) y Cichlidae (diez especies endémicas de *Cichlasoma*). El río Pánuco proporciona ejemplos de endemismos en Poeciliidae (*Xiphophorus*) y Cichlidae (*Cichlasoma*), y el río Tunal principalmente en Cyprinidae (Espinosa *et al.*,1998; Miller, 1986).

Las principales cuencas fluviales consideradas neárticas, según Álvarez y De Lachica (1974), se localizan en la península de Baja California, el noroeste de Sinaloa, Chihuahua, norte de México (incluyendo los ríos Bravo y Salado), Cuatro Ciénegas, El Tunal y las cuencas del Nazas-Aguanaval, Mezquital, Armería y la parte media del río Lerma. En el cuadro 5.4 se listan los géneros, especies y las cuencas donde se distribuyen las familias neárticas.

Cuadro 5.4. Familias neárticas de peces epicontinentales de México (Espinosa *et al.*, 1998; Miller, 1986)

Familia	*Género*	*Especie*	*Distribución por cuencas*
Petromyzontidae	*Lampetra*	*L. spadicea*[1]	Río Lerma-Santiago
Petromyzontidae	*Lampetra*	*L. geminis*[1]	Río Lerma-Santiago
Acipenseridae	*Scaphirhynchus*	*S. platorynchus*[2]	Río Bravo
Salmonidae	*Oncorhynchus*	*O. chrysogaster*[1]	Costa de Sinaloa
Salmonidae	*Oncorhynchus*	*O. gairdneri*	Baja California
Catostomidae	*Carpiodes*	*C. carpio*	Ríos Bravo, y Soto la Marina
Catostomidae	*Catostomus*	10 spp. (6 endemismos)	Ríos Yaqui-Mayo, Tunal, Bajo Colorado y Nazas-Aguanaval, Baja California, complejo Guzmán y costa de Sinaloa
Catostomidae	*Catostomus*	*C. clarki*[2]	Cuenca baja del Colorado
Catostomidae	*Catostomus*	cf. *C. plebeius*	Río Tunal-Santiaguillo
Catostomidae	*Ictiobus*	*I. labiosus*[1]	Río Pánuco
Catostomidae	*Ictiobus*	sp.	Río Nazas-Aguanaval

Cuadro 5.4. (*continuación*)

Familia	*Género*	*Especie*	*Distribución por cuencas*
Catostomidae	*Scartomyzon*	*S. austrinum*[1]	Ríos Bravo, Tunal, Lerma-Santiago y Armería
Cyprinidae	*Algansea*	7 spp. (7 endemismos)	Ríos Lerma-Santiago y Armería
Cyprinidae	*Campostoma*	2 spp.	Ríos Bravo, Yaqui-Mayo, Tunal y costa de Sinaloa
Cyprinidae	*Dionda*	9 spp. (7 endemismos)	Ríos Pánuco y Tunal
Cyprinidae	*Cyprinella*	spp.	
Cyprinidae	*Notropis*	25 spp.[2] (17 endemismos y 2 extirpadas)	Ríos Bravo, Soto la Marina, Pánuco, Nazas-Aguanaval, Balsas y complejo Guzmán
Cyprinidae	*Gila*	13 spp.[2]) (11 endemismos y 2 extirpadas	Ríos Bravo, Tunal, Lerma-Santiago, Nazas-Aguanaval y Bajo Colorado, Baja California, Sinaloa y complejo Guzmán.
Goodeidae	*Alloophorus*	sp.[1]	Ríos Lerma-Santiago y Balsas
Goodeidae	*Allodontichthys*	4 spp. (4 endemismos)	Ríos Armería y Ameca
Goodeidae	*Allotoca*	2 spp. (2 endemismos)	Ríos Lerma-Santiago y Ameca
Goodeidae	*Chapalichthys*	3 spp. (3 endemismos)	Ríos Lerma-Santiago y Balsas
Goodeidae	*Characodon*	2 spp. (2 endemismos)	Ríos Tunal y Nazas-Aguanaval
Goodeidae	*Ameca*	A. splendens[1]	Río Ameca-Magdalena
Goodeidae	*Goodea*	3 spp. (3 endemismos)	Ríos Pánuco y Lerma-Santiago
Goodeidae	*Girardinichthys*	2 spp. (2 endemismos)	Ríos Balsas, Lerma-Santiago y Valle de México
Goodeidae	*Neoophorus*	3 spp. (3 endemismos)	Ríos Lerma-Santiago, Balsas, Ameca y Armería
Goodeidae	*Ataeniobius*	*A. toweri*[1]	Río Pánuco
Goodeidae	*Hubbsina*	*H. turneri*[1]	Río Lerma-Santiago
Goodeidae	*Ilyodon*	3 spp. (3 endemismos)	Ríos Ameca, Armería y Balsas
Goodeidae	*Skiffia*	4 spp. (4 endemismos)	Ríos Lerma-Santiago y Ameca
Goodeidae	*Xenoophorus*	*X. captivus*[1]	Río Pánuco
Goodeidae	*Xenotaenia*	*X. resolanae*[1]	Costa de Jalisco
Goodeidae	*Zoogonecticus*	*Z. quitzeoensis*[1]	Ríos Lerma-Santiago, Ameca y Armería
Centrarchidae	*Lepomis*	4 spp.	Río Bravo y Cuatro Ciénegas
Centrarchidae	*Micropterus*	*M. salmoides*	Río Bravo y Cuatro Ciénegas
Percidae	*Etheostoma*	4spp.[1] (4 endemismos)	Cuatro Ciénegas y ríos Bravo, Tunal y Nazas-Aguanaval
Percidae	*Percina*	*P. macrolepida*	Río Bravo

[1] = endemismos; [2] = extirpadas (ver glosario) de México.

Las cuencas fluviales consideradas neotropicales comprenden las tierras bajas que rodean la región neártica, es decir, las costas de Guerrero y Michoacán, los ríos Balsas y Papaloapan, el Istmo de Tehuantepec, el sistema Grijalva-Usumacinta y Yucatán. En el cuadro 5.5 se listan los géneros y especies de las familias de peces neotropicales y las cuencas donde se distribuyen.

Cuadro 5.5. Familias neotropicales de peces mexicanos epicontinentales (Espinosa *et al.*, 1998; Miller, 1986)

Familia	*Género*	*Especie*	*Distribución por cuencas*
Characidae	*Astyanax*	*A. aeneus*	Ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta, Verde-Atoyac y Balsas, y costas de Tehuantepec-Guatemala, Guerrero y Veracruz
Characidae	*Brycon*	*B. guatemalensis*	Río Grijalva-Usumacinta
Characidae	*Bramocharax*	*B. caballeroi*[1]	Río Papaloapan
Characidae	*Hyphessobrycon*	*H. compressus*	Ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta y península de Yucatán
Gymnotidae	*Gymnotus*	*G. cylindricus*	Costa de Tehuantepec-Guatemala
Pimelodidae	*Rhamdia*	*R. guatemalensis*	Ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta, península de Yucatán y costa de Tehuantepec-Guatemala
Pimelodidae	*Rhamdia*	*R. reddelli*[1]	Río Papaloapan
Pimelodidae	*Rhamdia*	3 spp. (2 endemismos)	Río Grijalva-Usumacinta
Ariidae	*Cathorops*	*C. aguadulce*	Ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta
Ariidae	*Potamarius*	*P. nelsoni*[1]	Río Grijalva-Usumacinta
Gobiesocidae	*Gobiesox*	*G. mexicanus*[1]	Costa de Guerrero
Hemirhamphidae	*Hyporhamphus*	*H. mexicanus*[1]	Ríos Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta
Anablepidae	*Anableps*	*A. dowi*	Costa de Tehuantepec-Guatemala
Synbranchidae	*Synbranchus*	*S. marmoratus*	Costa de Tehuantepec-Guatemala
Synbranchidae	*Ophisternon*	*O. infernale*[1]	Península de Yucatán
Bythitidae	*Ogilbia*	*T. pearsei*[1]	Península de Yucatán
Batrachoididae	*Batrachoides*	*B. goldmani*[1]	Río Grijalva-Usumacinta
Belonidae	*Strongylura*	*S. hubbsi*	Ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta
Gerreidae	*Diapterus*	*D. mexicanus*[1]	Ríos Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta

[1] = endemismos.

Se le da el nombre de "zona de transición centroamericana-mexicana" a la zona de sobreposición de faunas de las provincias neártica y neotropical (Darlington, 1957). Esta zona de transición se extiende a lo largo de la llanura costera, desde el río Soto la Marina (75% de elementos norteamericanos), hasta el Papaloapan (95% de elementos mesoamericanos). En la costa del Pacífico la fauna es pobre en especies, con excepción de la cuenca del Lerma; aquí se encuentran algunas especies septentrionales primarias, otras secundarias y, en el sur, algunos invasores marinos (Espinosa *et al.*, 1998). En el cuadro 5.6 se enlistan los géneros, especies y las cuencas donde se distribuyen las familias de peces correspondientes a esta zona.

Cuadro 5.6. Familias de peces epicontinentales de la zona de transición (Espinosa *et al.*, 1998; Miller, 1986)

Distribución	*Familia*	*Género*	*Especie*	*Distribución por cuencas*
Neártica	Ictaluridae	*Ictalurus*	9 spp. (6 endemismos)	Ríos Soto la Marina, Pánuco, Papaloapan, Balsas, Tunal y Nazas-Aguanaval, y costa de Veracruz
Neártica	Ictaluridae	*Pylodictis*	*P. olivaris*	Río Pánuco
Neártica	Lepisosteidae	*Atractosteus*	*A. spatula*	Ríos Pánuco y Papaloapan
Neotropical	Poeciliidae	*Gambusia*	19 spp. (14 endemismos)	Ríos Soto la Marina, Pánuco, Papaloapan y Balsas, y costa de Veracruz.
Neotropical	Poeciliidae	*Poecilia*	12 spp. (6 endemismos)	Ríos Soto la Marina, Pánuco, Papaloapan y Balsas, y costa de Veracruz
Neotropical	Poeciliidae	*Poeciliopsis*	17 spp. (11 endemismos)	Ríos Papaloapan, Lerma-Santiago, Ameca, Balsas y Armería, y costas de Sinaloa y Jalisco
Neotropical	Poeciliidae	*Xiphophorus*	13 spp. (10 endemismos)	Ríos Pánuco, Papaloapan y Soto la Marina, y costa de Veracruz
Neotropical	Cichlidae	*Cichlasoma*	40 spp. (23 endemismos)	Ríos Pánuco, Papaloapan, Balsas y Armería

De acuerdo con Espinosa *et al.* (1998), existen seis familias que comparten ambas provincias zoogeográficas. En el cuadro 5.7 se listan los géneros y las especies de estas familias así como las cuencas donde se distribuyen.

Cuadro 5.7. Familias de peces epicontinentales de ambas provincias (Espinosa *et al.*, 1998; Miller, 1986)

Familia	*Género*	*Especie*	*Distribución por cuencas*
Cyprinodontidae	*Cyprinodon*	18 spp. (17 endemismos, 1 extinción)	Ríos Bravo, Pánuco, Bajo Colorado, Tunal, Nazas–Aguanaval, El Salado y Yaqui-Mayo, Baja California, Cuatro Ciénegas, complejo Guzmán y península de Yucatán
Atherinidae	*Atherinella*	9 spp. (9 endemismos)	Ríos Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Grijalva-Usumacinta, Tunal y Ameca, y península de Yucatán
Sciaenidae	*Aplodinotus*	*A. grunniens*	Ríos Bravo, Soto la Marina, Pánuco, Papaloapan y Grijalva-Usumacinta
Mugilidae	*Agonostomus*	*A. monticola*	Ríos Bravo, Soto la Marina, Pánuco, Papaloapan, Balsas, Armería, Lerma-Santiago, Ameca, Grijalva-Usumacinta, Coatzacoalcos y Yaqui-Mayo, Baja California, y costas de Veracruz, Guerrero, Jalisco, Sinaloa y Tehuantepec-Guatemala.

Familia	*Género*	*Especie*	*Distribución por cuencas*
Eleotrididae	*Gobiomorus*	*G. dormitor*	Ríos Bravo, Soto la Marina, Pánuco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Grijalva-Usumacinta, costa de Veracruz y península de Yucatán
		G. maculatus	Ríos Yaqui-Mayo, Ameca, Lerma-Santiago, Armería y Balsas, y costas de Sinaloa, Jalisco, Guerrero y Tehuantepec-Guatemala.
		G. polylepis[1]	Ríos Ameca, Armería y Verde, y costas de Jalisco y Guerrero.
Gobiidae	*Gobionellus*	*G. atripinnis*	Ríos Papaloapan, Coatzacoalcos y Pánuco, y costa de Veracruz.
	Sicydium	*S. multipunctatum*	Ríos Ameca, Armería, Balsas y Verde, y costas de Sinaloa, Jalisco, Guerrero y Tehuantepec-Guatemala.

[1] = endemismos.

En relación con los anfibios y reptiles, México es uno de los países con mayor diversidad y un alto procentaje de endemismos en géneros y especies. Flores-Villela (1998) reporta una riqueza faunística de anfibios de 13 familias, con 45 géneros y 285 especies, y de reptiles (Testudines y Crocodylia), 11 familias, con 21 géneros y 41 especies. En cuanto a su representación mundial, las familias de anfibios que existen en México representan 35.1% y las de reptiles arriba mencionadas, 75% y 66.6%, respectivamente.

En cuanto a los patrones de distribución de *taxa* no endémicos, México comparte con Norteamérica 43 especies de anfibios y 74 especies con Centroamérica, y de reptiles (Testudines y Crocodylia), 20 especies con Norteamérica y 19 con Centroamérica. Es decir, México comparte un número mayor de especies con Centroamérica, entre las que destacan las ranas de las familias Hylidae y Leptodactylidae, en particular, los géneros *Hyla* y *Eleutherodactylus*. Dos familias de anfibios (Centrolenidae y Caeciliaidae), no existen en Norteamérica pero son diversas en Centro y Sudamérica. Pelobatidae, Ambystomatidae, Sirenidae y Salamandridae no se distribuyen en Centroamérica y se les considera típicas de Norteamérica, con la excepción de Salamandridae, que está también representada en el Viejo Mundo. La familia Dermatemydidae tiene distribución relicta en México y en el norte de Centroamérica. El porcentaje de endemismos en las familias de anfibios de México con respecto al total mundial se muestra a continuación en el cuadro 5.8.

Cuadro 5.8. Proporción de endemismos en familias de anfibios mexicanos con respecto al total mundial (Flores-Villela, 1998)

Familia	*% no endémicas*	*% endémicas*
Bufonidae	15	8
Hylidae	29	43
Leptodactylidae	20	36
Ranidae	4	14
Ambystomatidae	1	16
Plethodontidae	18	47
Caeciliaidae	1	1

De acuerdo con Flores-Villela (1998), las familias de anfibios, con excepción de Bufonidae y Caeciliaidae, son las que presentan las mayores proporciones de especies endémicas. La distribución de éstas por regiones naturales, basadas en el clima y vegetación, indica que las tierras altas tropicales del centro tienen el mayor número de especies endémicas. En el caso de los anfibios, de 123 especies, 98 están restringidas a estos ecosistemas. Le siguen en importancia las tierras bajas tropicales de la costa del Pacífico, con 14 endemismos de 29 especies y del Golfo de México con 13 endemismos de 20 especies.

Los géneros de anfibios de las familias Hylidae, Leptodactylidae, Ambystomatidae y Plethodontidae presentan un cierto grado de zonación en su distribución. Los Hylidae están bien representados en las zonas frías tropicales con 38 especies endémicas, 30 de las cuales son locales. Este último número representa 66.6% de todos los hílidos endémicos; la mayoría pertenecen al género *Hyla*. También los Leptodactylidae, con los géneros *Eleutherodactylus* y *Tomodactylus*, están bien representados en esta área. Hay 18 especies endémicas, de las cuales 14 son locales, es decir, 36.8% de todas las especies endémicas de la familia. Los Ambystomatidae, con los géneros *Ambystoma* y *Rhyacosiredon*, cuentan 16 especies (94.1% son especies endémicas de ajolotes), todas restringidas a esta zona. La última familia de anfibios bien representada en esta zona es Plethodontidae, con 35 especies endémicas (30 de las cuales, o sea 60% están confinadas a esta área). Los géneros más característicos son *Pseudoeurycea* y *Thorius*, éste último endémico de México. Esta zona comprende 51.7% de todos los anfibios endémicos del país.

Como se ha visto, el porcentaje de endemismos es alto en las áreas montañosas del centro de México y la costa del Pacífico. La accidentada topografía, variabilidad ambiental y la poca vagilidad de los anfibios han contribuido a la diferenciación e irradiación específica de estas poblaciones aisladas, haciendo de México un país excepcionalmente diverso en anfibios.

Sistemas lacustres

La ubicación y la accidentada topografía del país favorecen el desarrollo de una gran diversidad de cuerpos de agua, así como de una biota diversificada y rica en especies nativas. En términos del flujo geoquímico de materia orgánica e inorgánica, los lagos son sistemas dependientes de los terrestres. El agua fluye hacia el lago desde la cuenca y es drenado, en el caso de cuencas exorreicas, a través de corrientes. Estos ecosistemas no pueden sobrevivir sin un aporte de agua, materia y energía. Por lo tanto, los atributos fisicoquímicos y ecológicos de un lago derivan principalmente del medio natural que los rodea, de los asentamientos humanos y de las actividades que se llevan a cabo dentro de la cuenca. Un lago se mantiene ambientalmente estable sólo si la cuenca mantiene sus condiciones ecológicas en buen estado.

Entre estos ecosistemas destacan una serie de lagos de origen volcánico con características muy particulares, los lagos-cráter, formados en las depresiones como resultado de la actividad tectónica-volcánica, y los lagos alpino-tropicales, así como los oasis, bordos y presas.

Cabe resaltar que entre los sistemas lacustres más importantes por su biodiversidad y por el alto número de endemismos conocidos están el lago de Chapala, los lagos-cráter de la cuenca oriental y el lago de Catemaco. Espinosa *et al.* (1998) y Miller (1986) incluyen también la laguna de Chichancanab y el lago de la Media Luna, y alertan sobre la necesidad de conservar la biodiversidad de estos cuerpos de agua.

La región donde se ubica el lago de Chapala es cercana al límite entre las regiones Neártica y Neotropical, por lo que este lago presenta una ictiofauna muy diversa y endémica. Dentro de las familias neárticas exclusivas se hallan las lampreas (Petromyzontidae), los boquinetes o carpas hociconas (Catostomidae), las carpas nativas, como la acúmara y la popocha (Cyprinidae), y las cheguas y pintolillas (Goodeidae). Como representantes de las familias neárticas transicionales están sólo los bagres (Ictaluridae) y de las familias neotropicales transicionales están los guatopotes (Poeciliidae). La familia de los peces blancos y los charales (At-

herinidae) con sus numerosas especies se presenta en ambas regiones (Guzmán, 1995). De acuerdo con la Semarnap (http://www.semarnap.gob.mx/), se tienen identificadas nueve familias con 39 especies nativas y cuatro introducidas. Algunas de las especies más importantes se enlistan en el cuadro 5.9.

Cuadro 5.9. Peces nativos del lago de Chapala (SNIB-Conabio, 1999; Miller, 1986)

Familia	*Nombre científico*	*Nombre común*
Atherinidae	*Chirostoma arge**	charal del verde
	*Chirostoma chapalae**	charal de Chapala
	*Chirostoma consocium**	charal de rancho
	*Chirostoma estor**	pescado blanco
	*Chirostoma grandocule**	charal del lago
	*Chirostoma lucius**	charal de la laguna
	*Chirostoma promelas**	charal boca negra
	*Chirostoma sphyraena**	charal barracuda
	*Chirostoma jordani**	charale
	Chirostoma ocotlanae	
	*Chirostoma aculeatum**	charal de cuchillo
Cyprinidae	*Algansea popoche**	popocha
	*Algansea lacustris**	acúmara
	*Algansea barbata**	carpa
	*Algansea tincella**	carpa
Goodeidae	*Goodea atripinnis**	tiro
	*Chapalichthys encaustus**	pintito de Ocotlán
Ictaluridae	*Ictalurus dugesi**	bagre del Lerma
	Ictalurus ochoterena	
Petromyzontidae	*Lampetra spadicea**	lamprea de Chapala
Catostomidae	*Scartomyzon austrinum**	boquinete

* endemismos.

Existen también dos especies de moluscos bivalvos *Anodonta chapalensis* y *A. astarte*. Entre los crustáceos podemos citar una especie de acocil o cangrejo de río perteneciente a la familia Astacidae y el cangrejo redondo de la familia Pseudothelphusidae. También, el lago de Chapala representa un área de descanso y alimentación de una gran cantidad de aves migratorias, entre ellas diferentes especies de patos y la gaviota del Atlántico.

La vegetación del lago está compuesta por una flora béntica o sumergida representada por la tripilla (*Potamogeton* sp.), que forma manchones en torno a la ribera y sirve de sostén para la fijación de la hueva de muchas especies, además de representar un recurso forrajero no aprovechado. La flora emergente fija al sustrato está representada por dos especies de la familia Nymphaeaceae que se conocen como "estrellas de agua"; crecen en zonas bajas y protegidas del lago o próximas a la ribera. La flora flotante está constituida por dos especies de la familia Lemnaceae, conocidas como chichicastle y lenteja de agua y de forma temporal por el lirio acuático, que se encuentra en zonas protegidas o en las avenidas de los ríos (http://www.semarnap.gob.mx).

Por otra parte, las hidrófitas enraizadas emergentes se encuentran distribuidas donde el nivel del agua no excede de un metro. Entre las especies dominantes de esta comunidad se encuentran los tules o juncales y el pajonal. La vegetación riparia, compuesta de ahuehuetes y sau-

ces, se encuentra de manera particular a lo largo de los cauces de arroyos y ríos, así como de algunas zonas de la ribera del lago, en donde se ha inducido su propagación.

En la cuenca oriental se encuentran ubicados seis lagos de origen volcánico: Alchichica, La Preciosa, Quechulac, San Luis Atexcac, Aljojuca y San Miguel Tecuitlapa. El origen y presencia de la ictiofauna nativa de estos lagos ha propiciado interesantes discusiones por tratarse de zonas lacustres aisladas y en áreas pequeñas con poca profundidad.

Entre la fauna endémica destacan por su importancia los peces y los anfibios. Los peces reportados para estos lagos son tres familias, seis géneros y siete especies, dos de ellas introducidas. Las especies principales son: los aterínidos *Poblana alchichica alchichica*, *P. alchichica squamata*, *Poblana letholepis*, *Chirostoma jordani*; el poecílido *Heterandria jonesi*, y los ciprínidos *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus* (Álvarez, 1950). En relación con los anfibios, en 1943 Taylor describió una nueva especie de la familia Ambystomidae y la nombró *Ambystoma subsalsum*.

Para el lago de Catemaco, situado en la región de Los Tuxtlas en Veracruz, las investigaciones de Miller (1986) han puesto de manifiesto un alto grado de endemismo entre la fauna ictiológica. Sus resultados preliminares apuntan hacia el reconocimiento de nueve especies endémicas, de las cuales al menos cinco son nuevos registros. En el cuadro 5.10 se mencionan algunas de ellas.

Cuadro 5.10. Peces nativos del lago de Catemaco (Miller, 1986)

Familia	*Nombre científico*	*Nombre común*
Clupeidae	*Dorosoma (Signalosa) cf. mexicana**	topote
Characidae	*Bramocharax (Catemaco) caballeroi**	pepesca
Pimelodidae	*Rhamdia* cf. *guatemalensis*	chipo
	Rhamdia sp.	
Poeciliidae	*Poecilia catemaconis**	guatopote
	*Poeciliopsis catemaco**	guatopote blanco
	*Xiphophorus milleri**	platy de Catemaco
	Xiphophorus helleri	cola larga
	Heterandria n. sp.*	guatopote
Cichlidae	*Cichlasoma fenestratum*	mojarra negra
Synbranchidae	*Ophisternon aenigmaticum*	anguila

* endemismos.

El alto endemismo de los peces de Catemaco es por sí mismo un argumento inobjetable para la conservación del lago, toda vez que las especies endémicas, en virtud de lo restringido de sus áreas de distribución, son especialmente susceptibles a la extinción. Por esta razón es necesario instrumentar programas de investigación multidisciplinaria enfocados a obtener un conocimiento adecuado de los mecanismos que regulan la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Torres-Orozco y Pérez-Rojas, 1995).

La península de Baja California se caracteriza por presentar pequeños parches verdes llamados oasis, inmersos en un paisaje árido caracterizado por cardones y mezquites. Los oasis son depresiones fértiles, generalmente saturadas de agua y rodeadas de desierto, donde con frecuencia se asientan pequeños núcleos de población. La fertilidad del suelo asociada a los oasis se debe, en gran medida, a la presencia de manantiales y a la naturaleza del suelo transportado por los escurrimientos (Budiko, 1974), lo que ha provocado que los oasis estén sujetos a graves modificaciones por actividades humanas.

Los oasis son refugios de interés biológico, ya que se les considera relictos de hábitats ve-

getales y animales de afinidad mésica de importancia biogeográfica y evolutiva (Arriaga, 1997). Los oasis funcionan, además, como sitios de escala para aves migratorias donde se alimentan, reproducen, descansan y se protegen de los depredadores. Entre las especies allí residentes más abundantes tenemos *Icterus cucullatus, Melanerpes uropygialis, Auriparus flaviceps, Carpodacus mexicanus, Archilochus alexandri, Calypte costae* y *Zenaida asiatica*, y entre las invernantes, *Dendroica coronata, Troglodytes aedon, Wilsonia pusilla, Cistothorus palustris, Vermivora celata* y *Zonotrichia leucophrys* (Rodríguez-Estrella *et al.*, 1997).

En este tipo de ambientes, la ictiofauna está representada principalmente por la especie endémica *Fundulus lima.* Entre las especies que se encuentran adaptadas a estos ambientes mésicos están representados los anfibios y reptiles, que a pesar de ser organismos capaces de resistir severos cambios ambientales a lo largo de su evolución, son susceptibles a las condiciones ambientales del área que habitan y a los cambios en ellas (Flores-Villela, 1993). Este alto grado de asociación al ambiente mésico y a los cuerpos de agua, los convierte en excelentes indicadores de la calidad del hábitat y de la diversidad. Entre las especies mesofílicas registradas se encuentran los anfibios *Bufo punctatus* e *Hyla regilla* y los reptiles como la tortuga *Trachemys scripta*, las serpientes *Tantilla planiceps, Thamnophis hammondii*, y *T. valida*, y las especies endémicas de lagartijas *Elgaria paucicarinata, Phyllodactylus unctus, Ctenosaura hemilopha, Petrosaurus thalassinus, Sceloporus licki, S. hunsakeri, Urosaurus nigricaudus* y de serpientes *Bogerthophis rosaliae, Eridiphas slevini, Crotalus enyo, Chilomeniscus stramineus* y *Masticophis aurigulus.* La rana toro *Rana catesbeiana* es una especie introducida y actualmente muy abundante, al igual que las lagartijas *Callisaurus draconoides* y *C. hyperythrus.* Otras especies menos abundantes son las lagartijas *Sceloporus orcutti* y *S. zosteromus* (Álvarez *et al.*, 1997).

Por último, la flora dominante tanto en la periferia del cuerpo de agua como en el palmar, son especies de palmas (*Washingtonia robusta* y *Phoenix dactylifera*) y de porte arbustivo y herbáceo (*Phragmites communis*). Entre las especies que conforman la vegetación acuática y subacuática están *Juncus mexicanus, J. acutus, Salix bonplandiana, Lemna minor, Ruppia maritima, Typha domingensis* y *Washingtonia filifera* (Arriaga *et al.*, 1997).

Los bordos son pequeños embalses artificiales de agua temporal o permanente, con una cortina rústica construida de tierra o mampostería, que se llenan por la captación del agua de lluvia y se utilizan para regar los cultivos de temporal en los periodos críticos. La mayoría de estos embalses son sistemas temporales, con superficies entre una y diez hectáreas, profundidades entre uno y cinco metros y se encuentran concentrados principalmente en los estados de Jalisco y Guanajuato (Tinoco y Atanasio, 1988). El uso de estos sistemas se ha diversificado al ser empleados además como abrevaderos para el ganado y para actividades de extensionismo acuícola, sobre todo con la siembra de alevines para la producción piscícola. Principalmente son sembradas especies introducidas, como tilapias *Oreochromis* spp., la carpa común *Cyprinus carpio*, la carpa dorada *Carassius auratus*, la carpa Israel *Cyprinus carpio specularis*, la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella*, la carpa plateada *Hypophthalmichthys molitrix* y la carpa cabezona *Aristichthys nobilis* (Arredondo, 1990a; Morales, 1974).

En estos sistemas, a pesar de la presencia de altos niveles de disturbio (variabilidad física y química), existe una alta diversidad de insectos y ácaros, los cuales han desarrollado estrategias y adaptaciones que les permiten sobrevivir en condiciones de estrés fisiológico, como formas de vida latente (esporas o quistes), estadios de huevos (pulgas de agua, cachipollas y quironómidos) o estadios inmaduros (anfípodos y quironómidos). También están los caracoles, algunos caballitos del diablo y una gran variedad de escarabajos y chinches (hemípteros) que viven como adultos (Williams, 1987). Además, las poblaciones de peces confinadas en estos embalses muestran amplios intervalos de respuesta a condiciones ambientales adversas para su sobrevivencia, crecimiento e incluso reproducción.

La construcción de presas en México ha tenido dos propósitos fundamentales: almacena-

miento de agua y control de avenidas. Desgraciadamente, fueron planeadas sin considerar los posibles efectos negativos por la introducción de especies exóticas en los ecosistemas y sus especies nativas, ni los impactos en la cuenca de captación, como el azolvamiento, la salinización y la eutroficación de los cuerpos de agua. Todo esto conlleva un detrimento en la biodiversidad, modificaciones en el patrón hidráulico de la cuenca y afectación del clima y del ambiente.

Un ejemplo claro de estos procesos, como lo señala Contreras-Balderas (1995, 1999), es la presa La Boca o Rodrigo Gómez situada sobre el río San Juan en el estado de Nuevo León. La biodiversidad se vio afectada por una disminución en las poblaciones de la vegetación acuática original pertenecientes a los géneros *Potamogeton*, *Najas*, *Myriophyllum*, *Elacatine*, *Hydrocotile*, *Eleocharis* y *Alternanthera*. El acocil regiomontano *Procambarus simulans regiomontanus* fue sustituido por el acocil rojo introducido *Procambarus clarki*. La ictiofauna original estaba representada por *Astyanax mexicanus*, *Cichlasoma cyanoguttatum*, *Cyprinella rutila*, *Campostoma anomalum*, *Dionda episcopa*, *Etheostoma grahami*, *Ictalurus punctatus*, *Lepomis macrochirus*, *L. megalotis*, *Notropis ludibundus*, *Poecilia mexicana*, *Moxostoma congestum* y *M. albidum*. Los peces disminuyeron de 13 a siete especies y a cuatro río abajo. Al llegar las aguas negras de las casas y comercios ubicados en la orilla de la presa y las descargas del arroyo La Chueca que contenían desechos de las porquerizas del rumbo, el número de especies de peces quedó reducido a dos: la mojarra copetona *Cichlasoma cyanoguttatum* y el moly *Poecilia mexicana*. Al recuperarse la calidad del agua se rescató una especie nativa, la sardinita plateada *Astyanax mexicanus*; o sea, en total se recuperaron tres especies de un total de 13 originales.

En cuanto a las especies introducidas, corresponden a cuatro tipos: de alimento, deportivas, de control biológico y accidentales. Para mejorar el alimento proteico de la población ribereña se introdujeron bagres de canal (*Ictalurus* spp.) de otras regiones, charales y peces blancos *Chirostoma* spp., tilapias *Oreochromis mossambicus*, robalos exóticos, y el mojarrón *Chaenobryttus gulosus*. Posteriormente, en un intento por controlar las malezas, se introdujo la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella*, cuyos resultados se desconocen. El último grupo de especies introducidas permite suponer que llegaron de manera accidental, como el pez luna común *Dorosoma cepedianum*, el pez luna costero *D. petenense*, los charales escamudo *Membras martinica* y salobre *Menidia beryllina*, y el guayacón mosquito *Gambusia affinis*, este último también introducido para el control del mosquito. Las siembras intencionales de charal y pescado blanco fracasaron, mientras que las otras se encuentran bien establecidas y son productivas. Recientemente se han encontrado ejemplares de almejas de agua dulce, posiblemente *Lampsilis* sp. y *Corbicula* sp., de procedencia desconocida. A las plantas nativas conocidas se agregaron las introducidas como *Hydrilla* sp., el jacinto o lirio de agua *Eichhornia crassipes* y el pasto *Zosterella dubia*.

Humedales

De acuerdo con lo establecido en la Convención sobre los Humedales, que se que se celebró en Ramsar, Irán, en 1971, el término humedales se define como aquella extensión de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Ramsar, 1996b).

Los humedales son ecosistemas complejos, dinámicos y altamente productivos que proveen de hábitat, alimento, refugio y de áreas de crianza y reproducción a un número elevado de especies de peces, aves, anfibios, reptiles, mamíferos e invertebrados. Son reconocidos por su alto número de endemismos, especialmente de peces e invertebrados, por su fauna altamente especializada y porque dan refugio y protección a una gran cantidad de especies de aves migratorias. También desempeñan un papel ecológico muy importante en el control de erosión, sedimentación e inundaciones, en el abastecimiento y depuración del agua, y en el mantenimiento

de pesquerías. En la actualidad estos sistemas se han perdido considerablemente debido al drenado y relleno de sus áreas para diferentes usos.

Los humedales ocurren en sitios que están continua o intermitentemente inundados, ya sea por el drenaje hacia una depresión, por corrientes subterráneas o por exceso en la tasa de precipitación con respecto a la de evapotranspiración (Brooks *et al.*, 1997). Presentan una enorme diversidad de formas y tamaños según su origen y ubicación geográfica, estructura física y composición química. La flora y la fauna están definidas por la profundidad, velocidad de la corriente, estructura del suelo, composición del sedimento y temperatura del agua (Ramsar, 1996a).

La Convención de Ramsar (1996b) clasifica los humedales continentales de la siguiente manera:

- Deltas interiores permanentes.
- Ríos y arroyos permanentes, incluye cascadas y cataratas.
- Ríos y arroyos estacionales, intermitentes e irregulares.
- Lagos epicontinentales permanentes (de más de 8 ha), incluye grandes meandros y brazos muertos de ríos.
- Lagos epicontinentales estacionales e intermitentes (de más de 8 ha), incluye lagos en llanuras de inundación.
- Lagos permanentes, salinos, salobres y alcalinos.
- Lagos y zonas inundadas, estacionales o intermitentes, salinos, salobres y alcalinos.
- Pantanos, esteros, charcas estacionales o intermitentes, salinos, salobres y alcalinos.
- Pantanos, esteros, charcas permanentes de agua dulce, charcas de menos de 8 ha, pantanos y esteros sobre suelos inorgánicos con vegetación emergente del agua por lo menos durante la mayor parte del periodo de crecimiento.
- Pantanos, esteros, charcas estacionales intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos, incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), potholes, praderas inundadas estacionalmente y pantanos de ciperáceas.
- Turberas no arboladas, incluye turberas arbustivas o abiertas (*bog*), turberas de gramíneas o carrizo (*fen*), bofedales y turberas bajas.
- Humedales alpinos y de montaña, incluye praderas alpinas y de montaña y aguas estacionales originadas por deshielo.
- Humedales de la tundra, incluye charcas y aguas estacionales originadas por el deshielo.
- Pantanos con vegetación arbustiva, incluye pantanos y esteros de agua dulce dominados por vegetación arbustiva sobre suelos inórganicos.
- Humedales epicontinentales boscosos, incluye bosques pantanosos epicontinentales, bosques inundados estacionalmente y pantanos arbolados sobre suelos inorgánicos.
- Turberas arboladas y bosques inundados turbosos.
- Manantiales y oasis.
- Humedales geotérmicos.
- Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos continentales.

En México, uno de los sitios más diversos en cuanto a los ambientes acuáticos es Cuatro Ciénegas, situada en el estado de Coahuila. Éste se caracteriza por una gran diversidad de ecosistemas acuáticos entre los que destacan los humedales tipo ciénegas o pantanos, humedales marginales y lagos-playa. Presenta también corrientes subterráneas, manantiales, canales, ríos, arroyos, riachuelos, pozos artesianos, lagos y estanques temporales. Se trata de un valle desértico localizado en el fondo de una cuenca endorreica de intermontaña, alimentado por manantiales y arroyos de tormentas (Minckley, 1969).

Como la gran diversidad del hábitat ha permanecido a lo largo del tiempo con estabilidad

ambiental y gran aislamiento geográfico, la fauna acuática ha desarrollado una radiación adaptativa explosiva y especiación cuyo resultado es un elevado número de endemismos (McCoy, 1984). Existe una rica fauna acuática y semiacuática integrada por especies relicto y de amplia distribución. Entre los grupos más estudiados se encuentran los crustáceos, los moluscos, los peces, los anfibios, los reptiles, las aves acuáticas y la vegetación vascular.

De las 12 especies de crustáceos reportadas, 50% son endémicas (Cole, 1984); de aquéllas, cuatro son isópodos (*Speocirolana thermydronis, Sphaerolana interstitialis, S. affinis, Mexistenasellus coahuila*), dos son anfípodos (*Mexiweckelia colei* y *Paramexiwecklia particeps*) y una es un palemónido (*Palaemonetes suttkusi*). Los moluscos están representados por 23 géneros (5 endémicos) y 33 especies (15 endémicas), distribuidos de acuerdo con dos tipos de hábitat acuático: depósitos de más de 900 m^2 asociados a grandes manantiales y de menos de 9 m^2, asociados a pequeños manantiales y sus riachuelos. Entre éstos destacan *Nymphophilus minckleyi, N. acarinatus, Mexistiobia manantiali, Coahuilix hubbsi, C. landyei, Paludiscala caramba, Cochliopina milleri, Mexithauma quadripalium, Durangonella coahuilae, Mexipyrgus churinceanus, Orygoceras* sp., *Assiminea* sp., *Lymnaea* sp., *Ferrisia* sp. y *Drepanotrema* sp.

Existen ocho familias de peces, cuatro neárticas y cuatro neotropicales, con 16 especies, de las cuales la mayoría es endémica y en peligro de extinción. Entre ellas se pueden mencionar *Dionda episcopa* ssp., *Cyprinodon atrorus, Lepomis megalotis* spp., la sardinilla *Lucania interioris*, el cachorrito *Cyprinodon bifasciatus*, el guayacón *Gambusia longispinis*, la espada *Xiphophorus gordoni*, la perca *Etheostoma* sp., la mojarra *Cichlasoma minckleyi* y la carpa *Notropis xanthicara* (Contreras-Balderas, 1990a,b; Alcocer y Kato, 1995). Existe una relación directa entre el tamaño del cuerpo acuático y el número de especies ícticas que contiene: a mayor tamaño, mayor número de especies. Asimismo, a valores de temperatura y salinidad mayores, menor número de especies. La diferencia en las especies de peces que contienen los diversos cuerpos acuáticos se ha atribuido a las características ambientales que prevalecen en cada uno de ellos, más que a las barreras físicas que existen entre un sistema y otro (Contreras-Balderas, 1978; Alcocer y Kato,1995).

La herpetofauna registrada asciende a un total de 70 especies, de las cuales la rana *Bufo marinus*, la lagartija *Hemidactylus turcicus*, la serpiente *Drymarchon corais* y la tortuga *Gopherus berlandieri* son especies introducidas. Las 66 especies restantes son nativas de Cuatro Ciénegas: ocho anfibios anuros, cuatro tortugas, 23 lagartijas y 31 serpientes. Entre las especies endémicas se presentan la tortuga *Terrapene coahuilae*, la lagartija *Scincella lateralis* ssp., las culebras *Thamnophis* spp., la rana *Rana pipiens*, las tortugas de agua *Trionyx spiniferus, T. ater* y *Pseudemys scripta*, y las culebras de agua *Nerodia erythrogaster* y *N. rhombifera*. Nueve por ciento de la herpetofauna es acuática, 9% es semiacuática, 20% riparia y el restante 62% es terrestre, típica del desierto.

Las aves acuáticas reportadas para Cuatro Ciénegas pertenecen a 61 especies, entre las que se pueden mencionar el zambullidor pico pinto *Podilymbus podiceps*,el pato de collar *Anas platyrhynchos*, el pato cucharón *Spatula clypeata*, el pescador *Megaceryle alcyon*, la alondra acuática *Anthus spinoletta pacificus* y la garza morena *Ardea herodias*.

La flora está representada por 49 *taxa*, una de las más ricas del desierto chihuahuense. De estos *taxa*, 23 especies son endémicas (*Selinocarpus undulatus, Ancistrocactus breihamatus, Coryphanta achinus, Coryphanta* sp., *Abutilon pinkayae, Segum paryum* var. *diminutum, Mimosa unipinnata, Euphorbia pinkayana, Sabatia tuberculosa, Tiquilia turneri, Poliomintha maderensis, Satureia maderensis, Justicia coahuilana, Duyssodia gypsophila, Erigeron cuatrocienegenis, Oaillardia gypsophila, Haploesthes robusta, Machaeranthera gypsophila, M. restiformis* y *Agave scabra*, entre otras). En cuanto a la vegetación acuática y semiacuática se han registrado 75 especies pertenecientes a 33 familias, entre las que se pueden mencionar los nenúfares *Nymphaea ampla*, el lirio acuático *Eichhornia crassipes*, los juncos o tules *Scirpus americanus, S. maritimus paludosus, Phragmites australis* y *Typha domingensis*, los pastos salinos *Ruppia maritima* y *Spartina spartina*, y los romeritos *Distichlis stricta* y *D. spicata* (Contreras-Balderas, 1990a; Alcocer y Kato, 1995).

Cenotes

La península de Yucatán presenta características geohidrológicas diferentes de las de otras regiones del país. Está constituida por calizas y dolomías de alta permeabilidad, así como de yesos y anhidritas altamente solubles, los cuales presentan fallas, fracturas y cavidades de disolución que dan lugar a una compleja red de corrientes subterráneas interconectadas. Estas corrientes subterráneas ocasionalmente disuelven las calizas superficiales que al desplomarse forman depósitos de agua conocidos regionalmente como cenotes. Hall (1936) clasifica los cenotes en: cenotes cántaro, aquéllos que presentan una reducida abertura en la superficie; cenotes de paredes verticales, los que tienen una gran abertura superficial; cenotes tipo aguada, aquéllos formados por grandes cavidades, someras y fangosas, que contienen agua únicamente durante la temporada de lluvias; y cenotes tipo gruta, los cuales presentan un acceso lateral que desciende a una cámara con agua.

Debido al aislamiento relativo de estos cuerpos de agua, a su historia geológica y a sus características geográficas, muchos de los organismos que viven en ellos son endémicos. Los cenotes y cuevas situados cerca de las costa contienen aguas salobres y marinas (ambientes anquihalinos) que fluctúan con las mareas, mientras que hacia el interior, el agua es completamente dulce. En los ambientes anquihalinos habita una gran diversidad de especies. En la actualidad, se reconocen 32 especies troglobias, la mayoría derivadas de ancestros marinos, que incluyen 30 crustáceos y dos peces. Entre los crustáceos se pueden citar: los copépodos *Diacyclops chakan*, *D. puuc*, *Halicyclops cenoticola* sp. nov., *Mesocyclops chaci* y *M. yutsil*; los ostrácodos *Spelaeoecia mayan* y *Danielopolina mexicana*; los decápodos *Agostocaris bozanici*, *Typhlatya mitchelli*, *T. pearsei*, *T. campecheae*, *Calliasmata nohochi*, *Janicea antiguensis*, *Parhippolyte sterreri*, *Somersiella sterreri*, *Yagerocaris cozumel*, *Creaseria morleyi* y *Procaris* sp.; los isópodos *Bahalana mayana*, *Creaseriella anops*, *Haptolana bowmani* y *Yucatalana robustispina*; los anfípodos *Bahadzia bozanici*, *B. setodactylus*, *Mayaweckelia cenoticola*, *M. yucatanensis* y *Tuluweckelia cernua*; los misidáceos *Antromysis (Antromysis) cenotensis* y *Stygiomysis cokei*; el termosbenáceo *Tulumella unidens*; el remípedo *Speleonectes tulumensis*, y los peces ciegos endémicos *Ogilbia pearsei* y *Ophisternon infernale* (Rocha *et al.*, 1998; http://www.tamug.tamu.edu).

En los cenotes costeros la ictiofauna predominante está representada por los cíclidos *Thorichthys meeki*, *T. pasionis*, *Cichlasoma salvini*, *C. friedrichstahli*, *C. urophthalmus* y *Petenia splendida*, y los poecílidos *Poecilia velifera*, *P. mexicana*, *P. petenensis*, *Heterandria bimaculata* y *Belonesox belizanus*, además, por las anguilas americana *Anguilla rostrata*, de lodo *Ophisternon aenigmaticum* y falsas *Synbranchus marmoratus*, *Astyanax aeneus*, *A. altior* y *Lucifuga* sp. En los cenotes tierra adentro la ictiofauna está representada por *Rhamdia guatemalensis* y *Gambusia yucatana*. Debido a lo cerrado y aislado de estos ambientes, la especie *R. guatemalensis* muestra microendemismo dando lugar a varias subespecies con diferencias en los patrones de pigmentación: *R. guatemalensis depressa*, registrada en 18 cenotes; *R. guatemalensis sacrificii*, en dos cenotes; *R. guatemalensis decolor*, en tres cenotes, y *R. guatemalensis stygaea*, en dos cavernas (Navarro-Mendoza y Valdés-Casillas, 1990).

5.3 ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LOS SISTEMAS ACUÁTICOS

Relaciones fisicoquímicas

El ecosistema es la unidad funcional básica de estudio para la ecología acuática. Se refiere al nivel de organización donde interactúan los organismos de una comunidad con su medio físico. En este sentido, el estudio de los parámetros físicos, químicos y biológicos, las fuerzas y procesos que estructuran y mantienen estos sistemas, sus relaciones con el agua, la cuenca, el clima y las comunidades de organismos, así como de sus funciones en términos de uso, transferencia de

energía, cadenas alimenticias y ciclos biogeoquímicos, resulta indispensable para entender su funcionamiento (Margalef, 1983).

La capacidad del medio acuático para mantener la vida es el resultado de las características únicas del agua y de la interacción de los procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales están interrelacionados y se ven afectados principalmente por la radiación solar, fuente principal de energía para los ecosistemas acuáticos. Las rutas por las cuales se mueven la energía y la materia a través del ecosistema se conocen como redes tróficas. La energía solar es utilizada por las plantas en la fotosíntesis y, más tarde, en forma de materia orgánica, por las especies animales.

Los patrones de circulación y estratificación de los cuerpos acuáticos, que están en función de la cantidad de luz absorbida —lo cual se refleja en la temperatura—, la densidad del agua y la acción del viento, así como sus variaciones diurnas y estacionales, tienen efectos profundos y definitivos en el metabolismo y actividades de las especies acuáticas. Asimismo, el agua posee propiedades físicas que se combinan para reducir las fluctuaciones de temperatura al mínimo y para evitar que los lagos al helarse se solidifiquen por completo, así como una capacidad de adhesión, cohesión y tensión superficial que le permite actuar como una superficie firme y como hábitat temporal o permanente de una gran variedad de plantas y animales. La transparencia del agua permite que la luz viaje a través de ella con muy poca distorsión y que la absorción de ésta sea selectiva acorde a su longitud de onda. Sin embargo, la penetración de la luz a menudo se ve limitada por los materiales en suspensión, los cuales reducen la actividad fotosintética y constituyen a menudo un factor limitante de la productividad primaria. Cuando la turbidez es producto de los mismos organismos vivos, la medición de la transparencia puede ser utilizada como un índice de productividad.

El movimiento convectivo de las aguas, generado por las diferencias de temperatura, afecta de manera directa o indirecta cada uno de los procesos que se llevan al cabo en los ambientes acuáticos. Las corrientes, olas, mareas y otras formas de movimiento del agua son las responsables de la distribución del calor, de las sustancias disueltas y particuladas en ella, así como de la presencia de organismos suspendidos. La capacidad del agua como "solvente universal" permite que ciertos gases esenciales como el oxígeno y el bióxido de carbono intervengan en la regulación de procesos como la respiración, la fotosíntesis, la descomposición orgánica y el potencial redox, en la germinación y el crecimiento de las plantas, y como amortiguadores contra cambios rápidos en el pH del agua. El oxígeno en el agua proviene de su difusión a través de la interfase aire-agua y de la fotosíntesis; su solubilidad aumenta con temperaturas bajas y disminuye, en cambio, al aumentar la salinidad. El bióxido de carbono, por su parte, es muy soluble en agua por lo que define la concentración de carbono inorgánico que está a disposición de los productores primarios y la forma y cantidad de metales alcalino-térreos en solución; además, se relaciona directamente con el pH y la reserva alcalina (Odum, 1983). El aporte de CO_2 proviene de la respiración de animales y plantas, de la descomposición bacteriana de la materia orgánica, de reacciones químicas en el sedimento y de fuentes subterráneas. A diferencia del oxígeno, el bióxido de carbono se combina químicamente con el agua y forma ácido carbónico (H_2CO_3), el cual se disocia para formar bicarbonatos (HCO_3^-) y carbonatos ($CO_3^=$). Estos compuestos actúan en el medio acuático como amortiguadores, ayudando a mantener la concentración de iones de hidrógeno (pH) cerca de su punto neutro. Otro gas común en lagos, lagunas y pantanos de pH básicos, sobre todo durante la estratificación de verano, es el metano (CH_4). Se produce, junto con bióxido de carbono, por la descomposición bacteriana de sustancias orgánicas bajo condiciones anaeróbicas (Reid y Wood, 1976).

En un ecosistema acuático epicontinental, la concentración total de sólidos disueltos es un parámetro muy útil que permite medir la densidad del agua (en forma indirecta, a través de la conductividad) y describir las relaciones edáficas que contribuyen a la productividad del siste-

ma. Entre los sólidos disueltos más importantes se pueden mencionar los carbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Estos aniones se combinan con cationes como calcio, sodio, potasio, magnesio y fierro para formar sales (Jorgensen y Vollenweider, 1988).

Algunos sólidos disueltos, como los nitratos y fosfatos, son nutrientes necesarios para la productividad de lagos y ríos, pues intervienen en los procesos de fotosíntesis y de osmorregulación de plantas y animales y contribuyen con el calcio necesario para la producción de exoesqueletos y esqueletos de la biota acuática. El nitrógeno, el cual se encuentra en diversos estados de oxidación, es muy importante en la síntesis y mantenimiento de las proteínas, que junto con los carbohidratos y grasas constituyen la materia viva. Los compuestos nitrogenados tienen dos tipos de fuentes: una externa o alóctona y otra dentro del mismo cuerpo de agua o autóctona. La primera incluye aquellos compuestos inorgánicos disueltos, como nitratos y amoniaco, provenientes de la parte continental, los cuales son utilizados por las plantas. Los compuestos de origen autóctono son el resultado de procesos de fijación llevados a cabo por ciertas bacterias y algas previos a su disponibilidad para los animales (Reid y Wood, 1976). El fósforo, indispensable en los procesos de transferencia de energía de la célula, es reciclado en el medio acuático principalmente en forma de fosfatos y consumido por los productores primarios con gran rapidez. Asimismo, todos los organismos lo excretan en forma soluble con una facilidad considerable. También está ligado a sólidos en forma de detrito orgánico y a partículas inorgánicas que constituyen los sedimentos, los cuales a través de un proceso de descomposición son convertidos en fosfatos para ser reutilizado por las plantas (Pielou, 1998).

En aguas epicontinentales las formas más frecuentes en las que se encuentra el azufre son como sulfato ($SO_4^=$) en combinación con otros cationes y como ácido sulfhídrico (H_2S). Los sulfatos entran al medio acuático a través de la lluvia. Como compuestos solubles provenientes del sustrato de la cuenca son ecológicamente importantes porque participan en el crecimiento de las plantas y por lo tanto en su productividad, en el metabolismo de las proteínas y, en condiciones anaeróbicas, son utilizados en los procesos quimiosintéticos de bacterias sulfurosas, donde es reducido a ácido sulfhídrico (Reid y Wood, 1976).

Entre los cationes más importantes, el fierro es de particular relevancia por ser un elemento constitutivo de la estructura química de los pigmentos respiratorios de muchas especies de animales, así como por su participación en procesos de óxido-reducción y en reacciones químicas con carbonatos y fosfatos. Los metales alcalinos calcio y magnesio son los cationes más abundantes en las aguas epicontinentales. La actividad química de ambos elementos es similar, particularmente en la formación de carbonatos ($CaCO_3$, $MgCO_3$), con sulfatos formando yeso ($CaSO_4$) y epsomita ($MgSO_4{\cdot}7H_2O$), y con cloruros formando dolomita ($MgCl_2$); además, tanto el calcio como el magnesio pueden ser factores limitantes de los procesos biológicos que se llevan a cabo en lagos y ríos. El magnesio es un constituyente indispensable de la molécula de clorofila, sin la cual ningún ecosistema fotoautotrófico podría funcionar. El calcio es un elemento muy abundante, de concentraciones variables, que está relacionado con la dureza del agua, y lo mismo que el magnesio, se relaciona con la productividad biológica. Con respecto al sodio y al potasio, cuando ambos se encuentran en concentraciones bajas, la proporción de sodio es ligeramente mayor que la de potasio. Si la concentración de ambos aumenta, entonces el sodio incrementa a una tasa considerablemente mayor con respecto al potasio. La forma más común del sodio es como cloruro de sodio ($NaCl$) y se le encuentra en concentraciones altas específicamente en los lagos salinos, los cuales pueden alcanzar concentraciones superiores a 100 g/l. El sodio también se puede encontrar como tetraborato de sodio disuelto o borax ($Na_2B_4O_7$) y como sulfato de sodio (Na_2SO_4).

El sílice se encuentra, en forma de dióxido de silicio (SiO_2), en ciertas rocas sedimentarias continentales, por lo que su concentración en un cuerpo de agua está en función de la presencia de este tipo de rocas. Es utilizado en la formación de las valvas de ciertas algas (diatomeas) y

de las espículas de algunas esponjas. Por lo anterior, el sílice puede ser un factor limitante en el desarrollo de poblaciones de diatomeas (Reid y Wood, 1976).

Los compuestos orgánicos de carbono, más o menos reducidos, se encuentran en forma de materia orgánica particulada y disuelta en cualquier ecosistema. La reserva alcalina (carbono inorgánico) de las aguas epicontinentales es menor que la de las aguas marinas y lagos salinos, de manera que la participación relativa del carbono orgánico es mayor, alrededor de 30%. La materia orgánica particulada incluye los organismos y el detrito, por lo que es común encontrar más material detrítico que plancton vivo. Su concentración expresa un estado de equilibrio en donde las entradas dependen de la producción del ecosistema y del aporte de materia orgánica procedente de ecosistemas periféricos, y las salidas dependen de la tasa de descomposición de plantas y animales. La cantidad de materia orgánica disuelta depende de las condiciones de crecimiento, de la intensidad luminosa y de las especies presentes en el ambiente, y está formada de una gran variedad de compuestos como carbohidratos, sustancias húmicas, pigmentos, aminoácidos, enzimas, vitaminas, feromonas y lípidos, los cuales son excretados o exudados por los organismos mediante procesos metabólicos. En resumen, los ciclos biogeoquímicos de un ecosistema reflejan el metabolismo total del mismo, incluyendo los procesos autotróficos y heterotróficos, así como las rutas anabólicas (asimilación) y catabólicas (eliminación) (Reid y Wood, 1976).

Relaciones tróficas

Desde un punto de vista trófico, los organismos en un ecosistema se agrupan en tres categorías básicas: productores, consumidores y descomponedores. Asimismo, se reconocen dos componentes: un componente autotrófico (que se nutre a sí mismo), en el que predominan la fijación de energía lumínica, el empleo de sustancias inorgánicas simples y la construcción de sustancias complejas; y un componente heterotrófico (que es alimentado por otros), en el que predominan el empleo, la readecuación y la descomposición de materiales complejos. En relación con la biomasa y considerando los cuerpos de agua epicontinentales en su conjunto, el fitoplancton es el productor más importante, seguido de las espermatofitas (plantas con semilla) y de las plantas acuáticas superiores, cuyas especies son en su mayoría terrestres. Entre los consumidores animales, el mayor volumen de biomasa lo representan los moluscos, los insectos acuáticos, los crustáceos y los peces, seguidos de los anélidos, rotíferos, protozoarios y helmintos. Los microorganismos como las bacterias y los hongos acuáticos parecen ser igualmente importantes en la reducción de la materia orgánica a forma inorgánica, sobre todo donde hay una gran cantidad de detrito orgánico que puede ser reutilizado nuevamente por los productores (Odum, 1972).

No todos los organismos de una comunidad son igualmente importantes en cuanto a su organización, en relación con los aspectos tróficos. La distribución de las poblaciones de una comunidad está estratificada; las actividades de sus componentes están fuertemente relacionadas con el tiempo y, bajo condiciones normales, siguen un orden y una dirección predecibles. Con base en lo anterior, se puede definir una comunidad como un conjunto de poblaciones de especies o como el total de las especies que ocupan un hábitat dado (Reid y Wood, 1976).

Los ambientes lénticos, en general, son similares en su estructura y procesos biológicos. Así, un lago está dividido en dos zonas: a) la trofogénica, que comprende la capa superior y bien iluminada del lago, definida básicamente por el epilimnion, donde predominan los procesos fotosíntetícos, y b) la zona trofolítica, ubicada en la región obscura del lago comprendida entre el meta y el hipolimnion, la cual se caracteriza por el predominio de los procesos de respiración y descomposición sobre los de producción. El metalimnion es la región con la mayor actividad heterotrófica bacteriana, realizada principalmente por algas fitoplanctónicas. El límite entre las zonas trofogénica y trofolítica está en función de la penetración de la luz, y se conoce como la profundidad de compensación; es decir, aquella profundidad donde las tasas de fotosíntesis y de respiración son iguales (Jorgensen y Vollenweider, 1988).

La materia orgánica producida autotróficamente en el epilimnion se descompone en el metalimnion por poblaciones bacterianas que cuentan con una alta biomasa y características metabólicas específicas. Esta fuerte actividad bacteriana se genera por el enriquecimiento de materia orgánica particulada y disuelta en el gradiente de densidad que se forma entre el agua caliente del epilimnion y el agua fría del hipolimnion. El hipolimnion es la región más profunda del lago, se encuentra ubicada por debajo del metalimnion; se trata de una capa de agua fría, más pesada, más densa y con poca circulación (Jorgensen y Vollenweider, 1988).

La zonación general, característica de lagos y lagunas, comprende tres regiones: la litoral, la limnética o pelágica y la bentónica o profunda. La zona litoral se define como la porción de un cuerpo de agua que se extiende desde la orilla hasta el límite que ocupan las plantas enraizadas. En los cuerpos someros esta zona abarca prácticamente todo el cuerpo de agua. En los lagos profundos esta zona está delimitada por factores que determinan el crecimiento de las plantas, como la intensidad de la luz para todas las hidrófitas sumergidas, el movimiento del agua, las fluctuaciones de nivel y textura del sustrato para las hidrófitas enraizadas, la profundidad para las hidrófitas enraizadas emergentes, y la disponibilidad de nutrientes para todas las hidrófitas en general. En esta zona se encuentra la mayor variedad de especies —riqueza específica— debido a la abundante cobertura vegetal protectora y a la disponibilidad de alimento y de sustrato para moverse y adherirse.

La zona limnética se refiere a las aguas abiertas, es decir a la extensión horizontal rodeada por la zona litoral. Verticalmente, esta zona se extiende de la superficie hasta la zona bentónica o profunda e incluye las zonas trofogénica y trofolítica antes mencionadas. Por su capacidad de desplazamiento, los organismos de esta zona se clasifican en necton y plancton. Los primeros se caracterizan por su capacidad de dirigir y controlar su desplazamiento, como los peces principalmente, ciertos mamíferos e insectos. Los segundos, comprenden una gran variedad y abundancia de grupos de plantas (fitoplancton) y animales (zooplancton), la mayor parte de ellos microscópicos.

La zona bentónica comprende el fondo del cuerpo de agua, se divide en litoral, sublitoral y profunda. La primera se extiende desde la orilla hasta el límite de la zona de vegetación sumergida; la sublitoral representa un ecotono entre las comunidades de las zonas litoral y profunda.

La zona profunda es el área correspondiente al fondo del lago y ocupa el hipolimnion de la región limnética. Se caracteriza por la ausencia de luz, bajo contenido de oxígeno y altas concentraciones de bióxido de carbono. Los sedimentos son típicamente suaves, floculentos y ricos en sustancias orgánicas. La biodiversidad no es grande y está representada principalmente por hongos, bacterias y ciertos protozoarios, que son especialmente abundantes en la interfase agua-cieno, en donde se acumula la materia orgánica. La macrofauna consiste de oligoquetos, moluscos bivalvos, gasterópodos, pelecípodos, nemátodos, anélidos, odonatos y otros insectos.

En cuanto a los sistemas lóticos, las comunidades se encuentran bajo la influencia de otros factores ambientales adicionales, entre ellos se pueden mencionar la velocidad de la corriente y todos los procesos hidrológicos asociados al flujo de la misma. También son importantes la acción erosiva de la corriente, la cual modifica las características químicas y físicas del hábitat, y las descargas variables que traen consigo problemas de sedimentación y erosión del cauce. Por otra parte, los ríos presentan una frontera de intercambio entre los ecosistemas acuáticos y los terrestres, que a menudo favorece un mayor aporte de nutrientes y materia orgánica al agua y la predominancia de un metabolismo comunitario heterotrófico. Otras características de estos ambientes son la formación de turbulencia, la cual evita la estratificación térmica y química a lo largo de casi todo el cuerpo de agua, y la diversidad de materiales en el sustrato producida por las diferentes velocidades de la corriente, que permite una mayor colonización y desarrollo de las comunidades. (Reid y Wood, 1976).

En cuanto a las comunidades planctónicas, éstas se derivan tanto de las cabeceras de los

ríos como de lagos o estanques comunicados con ellos. Generalmente el fitoplancton es muy escaso y es remplazado como productor primario por el microfitobentos. Algunas comunidades de algas unicelulares y filamentosas se desarrollan en las partes quietas y someras de los ríos. Con el zooplancton ocurre la misma situación, se le encuentra bastante disperso y puede estar incluso ausente. Al igual que el fitoplancton, el zooplancton se desarrolla generalmente en aguas tranquilas; los grupos más comunes son los rotíferos, cladóceros y copépodos.

Las comunidades de las orillas de los ríos y arroyos no difieren mayormente de las de los hábitats lénticos pertenecientes a la misma cuenca. Éstas dependen principalmente de un sustrato favorable, de la pendiente del cauce, de la velocidad de la corriente y de sus tasas de sedimentación y erosión, así como de la estabilidad de la descarga. En condiciones favorables, se presentan comunidades de vegetación emergente, de hojas flotantes y sumergidas. La alta disponibilidad de nutrientes y el flujo continuo de agua favorecen el crecimiento de grupos de algas filamentosas, protozoarios, briozoarios, anélidos, crustáceos y rotíferos. El necton, por su parte, contiene una gran cantidad de insectos y de peces, acompañados a menudo por tortugas y culebras acuáticas.

Las comunidades bentónicas, como se mencionó anteriormente, exhiben una gran diversidad de especies a todo lo largo del cauce, lo que resulta en una sucesión longitudinal de comunidades. Las diferencias en la velocidad, volumen y composición de la descarga contribuyen a la formación de numerosos hábitats de acuerdo con el movimiento del agua y la composición del sustrato.

A lo largo del curso de una corriente superficial se establece una relación directa entre los factores ambientales y las comunidades. Muchos de los consumidores primarios de los ríos se alimentan de detrito y dependen, en gran medida, de los materiales orgánicos que son arrastrados por el agua o caen en ella a partir de la vegetación terrestre. En general, las partes altas de las cuencas se caracterizan por presentar pozas, rápidos y cauces estrechos. Cada uno de estos hábitats presenta comunidades diferentes; por ejemplo, en las pozas, las comunidades que predominan son de vegetación acuática, peces, caracoles y larvas de insectos, mientras que en los rápidos predomina una gran variedad de insectos con adaptaciones especiales para reducir la superficie de fricción, cuerpos aplanados, ganchos y ventosas para adherirse a las partes inferiores de las piedras, y varias colas para nadar en contra de la corriente, también, peces con cuerpo alargado y aletas pectorales fuertes, y algas filamentosas y musgos con capacidad de adherirse fuertemente al sustrato.

Por otra parte, el sustrato de las partes bajas de las cuencas está constituido por arena fina, arcillas, lodos o una mezcla de todos, por lo que la turbidez del agua es elevada. Los organismos de estos ambientes pertenecen a grupos de anélidos, insectos, moluscos bivalvos, pelecípodos y peces detritívoros.

6. VEGETACIÓN Y CUERPOS ACUÁTICOS

La enorme diversidad de hábitats acuáticos en el país sustenta una variedad de comunidades, algunas de las cuales constituyen la flora acuática de México. La diversidad de esta flora está representada por 86 familias, 262 géneros y 763 especies que incluyen helechos, gimnospermas y angiospermas. Estas especies se agrupan según el medio en que se encuentran (Lot y Ramírez-García, 1998).

Los hábitats acuáticos continentales de nuestro país están representados por dos grandes tipos de ambientes: los costeros y los epicontinentales. Estos últimos cubren grandes áreas, especialmente en los estados de Veracruz, Campeche, Tabasco, Quintana Roo, Tamaulipas, Nayarit, Michoacán y Jalisco.

Entre los ambientes epicontinentales más importantes se pueden mencionar los popales, que cubren grandes extensiones pantanosas y aguas poco profundas en el suroeste de Campeche, Tabasco, norte de Chiapas y sur de Veracruz. Consisten generalmente de vegetación herbácea enraizada en el fondo, con hojas largas y anchas grandes, que sobresalen del agua, que pertenece a géneros como *Calathea* (popoay) y *Thalia* (quentó). Otro tipo de agrupación semejante al popal que habita en claros de selva con abundancia de agua en el suelo es el denominado tanayal en Tabasco y norte de Chiapas. Se halla constituido por una hierba de enormes hojas de aspecto de plátano llamada tanay *Heliconia bihai*. Los tulares y carrizales, que crecen en ambientes lacustres, pantanosos o en las orillas de los ríos con fondos fangosos y aguas tranquilas, son comunidades de plantas herbáceas enraizadas en el fondo con tallos generalmente provistos de hojas largas y angostas, y en ocasiones sin ellas, que sobresalen de la superficie del agua. Este tipo de asociaciones están formadas por el tule *Typha* spp., el carrizo *Phragmites communis*, el tule rollizo *Scirpus californicus*, y *Cyperus giganteus*. El bosque de galería o vegetación riparia comprende agrupaciones de árboles que crecen en los márgenes o bordos de ríos en condiciones de humedad favorables. Son frecuentes los bosques de galería formados por el sabino o ahuehuete *Taxodium mucronatum*. Por último, existen otros ambientes asociados a zonas inundables que incluyen la selva baja, el matorral espinoso, el palmar y las dunas costeras (INE, 1999c).

Los palmares, de acuerdo con Miranda y Hernández X. (1963), son todas las agrupaciones de plantas monopódicas, con hojas pinnatífidas o en forma de abanico llamadas comúnmente "palmas". Los palmares altos de hojas pinnatífidas comprenden los palmares de corozo *Scheelea liebmannii*, de manaca *Scheelea preusii*, de palma real *Roystonea dunlapiana* y de coquito de aceite *Orbignya guacoyule*. Los primeros se distribuyen en suelos profundos aluviales, con frecuencia inundables, de las vegas de grandes ríos del Golfo de México; y los segundos, se encuentran en situación idéntica, pero sobre las planicies del Pacífico en la región del Soconusco, Chis. La palma real a menudo se mezcla en la selva perennifolia de áreas frecuentemente inundadas desde la parte central de Veracruz hasta Tabasco y en la región costera del noreste de la península de Yucatán. La palma de coquito de aceite se distribuye en los declives y planicies del Pacífico entre Sinaloa y Oaxaca, en áreas inundables o con capa freática muy superficial. Los palmares altos de hojas en forma de abanico están constituidos por especies de *Sabal*. En las orillas de lagos y lagunas en el sur de Quintana Roo se encuentran los palmares de botán *Sabal morrisiana*, y en terrenos arenosos, tanto de la costa del Pacífico como del Golfo, están los palmares de *Sabal mexicana*. Los palmares bajos de hojas pinnatífidas están poco difundidos, sin embargo existen agrupaciones de cucá *Pseudophoenix sargentii* en la zona costera al nornoreste de la península de Yucatán. Los palmares bajos de hojas en abanico consisten en agrupaciones de tasiste *Acoelorraphe wrightii* y de la palma de sombreros o soyate *Brahea dulcis*. Los tasistales se encuentran principalmente en los bordes inundados de popales o de lagunas, a la orilla de los pantanos o en el interior de las sabanas inundables en el sureste de Veracruz, mientras que los palmares de sobreros se distribuyen sobre suelos calizos rocosos en áreas de transición hacia encinares en la zona central de Chiapas, en la cuenca alta del Papaloapan y en la cuenca del Balsas.

La vegetación acuática herbácea es más abundante y variada que las agrupaciones arbóreas, por lo que su tipificación resulta muy difícil (Lot, 1991). El sistema de clasificación más usado y aceptado es el de Sculthorpe (1967), el cual se basa en la terminología básica de formas de crecimiento propuesta por Tansley en 1949 y Spence en 1964. De acuerdo con este sistema las hidrófitas se pueden dividir en:

- Enraizadas sumergidas: son aquéllas que se encuentran enraizadas en el sedimento y todas sus partes se mantienen inmersas en el agua, como *Najas guadalupensis*, *Podostemum ricciiforme*, *Potamogeton illinoensis*, *P. pectinatus* y *Tristicha trifaria*.

- Enraizadas de hojas flotantes: se caracterizan por estar arraigadas al sustrato con sus hojas postradas sobre la superficie del agua y sus flores ligeramente levantadas, como *Nymphaea mexicana*, *N. jamesoniana* y *N. gracilis*.
- Enraizadas emergentes: son aquéllas que están enraizadas en el sustrato y gran parte de sus tallos, hojas y estructuras sexuales se mantienen emergidas del agua, como *Sparganium americanum*, *Heteranthera seubertiana* y *Eichhornia paniculata*.
- Enraizadas de tallos postrados: se caracterizan por estar enraizadas al sustrato; sus tallos son de tipo estolonífero y reptan o ascienden a través del agua, produciendo pecíolos cortos y en general con estructuras vegetativas y reproductoras sobre la superficie del agua, como *Eichhornia azurea*, *Heteranthera rotundifolia* y *Pontederia rotundifolia*.
- Libres flotadoras: se caracterizan por estar dispersas libremente sobre la superficie del agua por la acción de los vientos y corrientes; sus estructuras vegetativas y reproductoras se mantienen emergidas y sólo su sistema radical se encuentra sumergido, como *Lemna gibba*, *Spirodela polyrrhiza*, *S. intermedia* y *Wolffia brasiliensis*.
- Libres sumergidas: se caracterizan por no estar enraizadas; todas sus estructuras vegetativas se encuentran sumergidas y sólo las reproductoras emergen ligeramente de la superficie del agua, como *Ceratophyllum demersum*, *C. muricatum* y *Wolffiella lingulata* (Lot *et al.*, 1999).

La importancia de la vegetación hidrófila en los ecosistemas donde habita, radica en la infinidad de interacciones que tienen las plantas entre ellas y especialmente con la fauna acuática, así como los servicios ambientales que éstas brindan. Entre las funciones que llevan a cabo se puede mencionar la producción primaria, que en comunidades herbáceas emergentes como los tulares, carrizales y popales alcanza valores muy altos, de hasta 75 toneladas por hectárea al año, y donde los minerales liberados son exportados hacia zonas más bajas hasta llegar a las lagunas costeras y posteriormente al mar o son usados local e inmediatamente por una gran diversidad de organismos como peces, moluscos, crustáceos, anélidos, protozoarios, insectos, algas y otras plantas vasculares acuáticas. También, intervienen en la captura, estabilización y formación de sedimentos, combaten la erosión en los márgenes de los ríos, lagos y lagunas, evitan el azolvamiento y favorecen la transparencia y oxigenación del agua. Otras interacciones importantes son su función como refugio y material de anidación para un sinnúmero de organismos en sus etapas larvarias, como sustrato para especies epibiontes (moluscos, gusanos, termitas y protozoarios) (Novelo y Lot, 1987), y como abono para la agricultura, específicamente *Eichhornia crassipes* y *Nymphaea mexicana* (Quiroz *et al.*, 1982).

Las comunidades vegetales ligadas al medio acuático son muy variadas, muchas de ellas difíciles de estudiar y aun de describir, pues a menudo se presentan en forma dispersa, mal definida y ocupando superficies limitadas (Rzedowski, 1986). También, la movilidad de ciertas formas de vida y la sustitución alternada de éstas en la dominancia de comunidades y asociaciones son elementos que dificultan la descripción definitiva y verificable en un momento dado (Lot y Novelo, 1988). Mas aún, cada día se vuelve más difícil estudiar dichas comunidades por la drástica modificación y desaparición de los hábitats acuáticos, especialmente los que se encuentran en las regiones Centro, Altiplano norte y Noroeste.

Por lo anterior, resulta interesante evaluar no sólo la pérdida de vegetación acuática y cuerpos de agua, sino también la de aquellas comunidades ligadas al medio acuático. Por este motivo se incluyen aquí los palmares, la vegetación de galería y el mezquital que por su carácter freatófito resulta ser un indicador de mantos profundos de agua. El método usado para este análisis se basa en la estimación de tasas de deforestación, utilizando mapas de cobertura vegetal que permiten monitorear los cambios en la cubierta forestal de México. Para esto, se tomaron como mapas base los de tipos de vegetación y uso del suelo del INEGI (1973) a

escala 1:250 000, y del INE (1996) a escala 1:1 000 000, este último actualizado hasta 1993. Para calcular las tasas de deforestación r se utilizó la siguiente función: $r = 1 - [1 - (A_1A_2/A_1)]^{1/t}$ donde A_1 es el área inicial de cubierta vegetal; A_2, el área final de cubierta vegetal, y t el periodo de tiempo en cuestión (1973 y 1993). En este caso, el término "deforestación" se refiere al remplazamiento de las hidrófitas, palmares, mezquites y cuerpos de agua por hábitats sin vegetación y cuerpos de agua desecados, no incluye cuerpos de agua temporales, humedales y zonas inundables. Cabe aclarar que el modelo considera una tasa de deforestación constante y exponencial y que es más sensible cuando se trata de áreas reducidas. En el cuadro 6.1 se muestran las áreas calculadas para ambos años y las tasas anuales de deforestación.

Cuadro 6.1. Áreas de tipos de vegetación y cuerpos de agua calculadas para los años 1973 y 1993 y sus correspondientes tasas de deforestación en México

Tipos de vegetación y cuerpos de agua	*1973* (km^2)	*1993* (km^2)	*Pérdida de área* (km^2)	*Pérdida de área anual* (km^2)	*Tasa anual de deforestación*
Cuerpos de agua	12 107 640	8 286 250	3 821 390	191 069	1.9
Vegetación de galería	2 587 314	1 241 495	1 345 819	67 291	3.6
Palmar	1 391 020	1 002 367	388 653	19 432	1.6
Mezquital	36 071 650	29 092 816	6 978 834	348 941	1.7
Vegetación acuática	11 389 009	10 209 069	1 179 940	58 997	0.6

La mayor tasa de deforestación (3.6) corresponde a los ambientes con vegetación de galería debido, probablemente, a que son hábitats pequeños, sometidos a un fuerte uso y en donde las actividades humanas como la agricultura y la ganadería, aunadas a la sobrexplotación y contaminación del recurso hídrico, representan las causas más constantes de perturbación. En veinte años se ha perdido alrededor de 52% de la vegetación de galería, 28% de los palmares, 19% de los mezquitales y 10% de la vegetación acuática. En cuanto a los cuerpos de agua, la reducción fue de casi 32%. De continuar esta tendencia, las comunidades acuáticas sufrirán una fuerte fragmentación en sus hábitats con implicaciones profundas en su biodiversidad y en la calidad de los servicios que brindan al ser humano.

7. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS DE ALTA BIODIVERSIDAD

De las 110 regiones hidrológicas prioritarias, 68% corresponde a áreas de alta biodiversidad (cuadros 2.1 – 2.6, figura 7.1). El mayor número de ellas (17) se ubica en la región Sureste, le siguen las regiones Noroeste y Altiplano norte con 15. Las regiones de trabajo con los porcentajes más altos de diversidad son Golfo de México (85% de sus áreas) y Pacífico tropical (80%) (cuadro 7.1).

Las regiones hidrológicas prioritarias de alta biodiversidad son un mosaico de ambientes acuáticos que mantienen un buen estado de conservación ecológica y que, en conjunto, representan recursos que necesitan ser preservados por su importancia económica actual y potencial, por sus funciones ecológicas y por el valor que representa la naturaleza por sí misma.

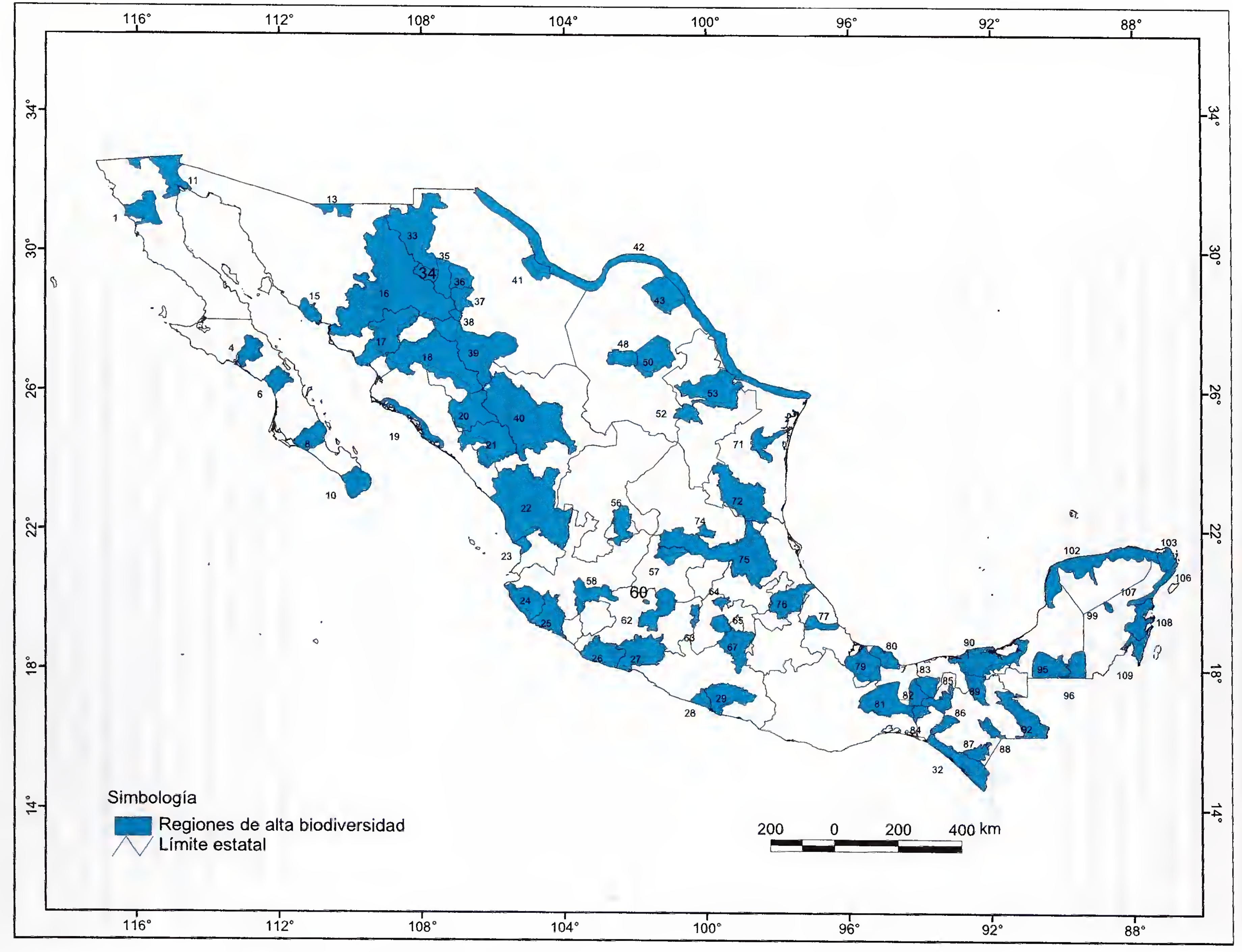


Figura 7.1. Regiones hidrológicas prioritarias de alta biodiversidad (Conabio, 1998b)

Cuadro 7.1. Regiones hidrológicas prioritarias de alta biodiversidad por región de trabajo

	Total de regiones		*Alta biodiversidad*	
Región de trabajo	*Núm.*	*%*	*Núm.*	*%*
Noroeste	22	20	15	68
Pacífico tropical	10	9	8	80
Altiplano norte	22	20	15	68
Centro	16	15	9	56
Golfo de México	13	12	11	85
Sureste	27	24	17	63
Totales	**110**	**100**	**75**	**68**

En la estrategia de conservación de la biodiversidad, resulta crucial desarrollar versiones especializadas de áreas naturales protegidas, dadas la abrumadora riqueza de la flora y fauna del país, y la presencia de especies y subespecies de distribución restringida o en peligro de extinción en los ecosistemas epicontinentales del mismo. Con frecuencia, estos cuerpos de agua son también intensamente utilizados, por lo que muchos de ellos se encuentran amenazados.

En este sentido y ante la pérdida acelerada del patrimonio natural de México, la Semarnap, a través de su Programa de Medio Ambiente 1995-2000, define como una estrategia prioritaria la conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad en áreas naturales protegidas, así como la rehabilitación descentralizada de los parques nacionales. Esta estrategia se desarrolla ampliamente en el Programa de Áreas Naturales Protegidas de México 1995-2000.

Sin embargo, tratándose de ambientes acuáticos epicontinentales estos esfuerzos resultan insuficientes. Es necesario proteger un área suficientemente extensa para asegurar la conservación de estos ecosistemas, no sólo en las áreas protegidas sino en todas aquellas áreas importantes por su diversidad y por el recurso hídrico *per se*. Por lo tanto, una estrategia importante para la conservación de la biodiversidad es la instrumentación de incentivos apropiados para los usuarios de los recursos dentro y fuera de las áreas naturales protegidas, no sólo a escala regional sino nacional e internacional. Esto requiere de programas de manejo innovadores bien diseñados en sitios seleccionados cuidadosamente y en donde la participación de las comunidades locales sea efectiva (UNEP,1995).

SECCIÓN 3

USO Y PROBLEMÁTICA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

8. SERVICIOS AMBIENTALES

El valor de los ecosistemas acuáticos y de las aguas epicontinentales como un recurso para las poblaciones humanas (alimento, agua y energía) está generalmente bien entendido. Sin embargo, el valor de las funciones y los servicios ambientales que ellos proporcionan al hombre frecuentemente no están reconocidos y son tan obvios que paradójicamente no se perciben con claridad; sólo se aprecian cuando se han perdido (p.ej., el lago de Texcoco, lago de Chapala, río Tula) (UNEP, 1997). La biodiversidad acuática no puede ser manejada en forma sustentable de manera aislada, sin tomar en cuenta estos servicios ambientales, sus funciones y sus relaciones con los componentes de la biodiversidad. Algunos de estos servicios se mencionan a continuación:

- Abastecimiento de agua.
- Continuidad de procesos evolutivos.
- Control biológico de plagas.
- Control de erosión y formación del suelo.
- Control de inundaciones.
- Depuración de agua.
- Generación de energía eléctrica.
- Obtención de compuestos para productos farmacéuticos y naturistas.
- Producción de alimentos.
- Recarga de acuíferos.
- Reciclamiento de nutrientes.
- Reciclamiento de materiales de desecho.
- Recreación.
- Refugio y hábitat de especies residentes y migratorias.
- Regulador del clima local y global.
- Transporte.

Un factor crucial para el mantenimiento de los servicios ambientales, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (UNEP, 1995), es la conservación de la biodiversidad. La habilidad de un sistema acuático para mantener estos servicios con una biodiversidad menguada se ve disminuida si se consideran periodos de tiempo largos. Un bosque monoespecífico puede proveer varios servicios ambientales por décadas, pero puede ser más vulnerable a enfermedades o eventos catastróficos que un bosque natural con su biodiversidad original. La presencia de muchas especies generalmente incrementa la probabilidad de que ante una reducción drástica de su número, el ecosistema se recupere con aquellas especies más tolerantes al cambio. Entre más uniformidad genética exista, más vulnerables serán las especies y por tanto los servicios ambientales que la biodiversidad provee. La variabilidad genética de las especies les permite responder mejor a los cambios bruscos en las condiciones ambientales. Existe una serie de servicios ambientales que pueden ser afectados por la pérdida de especies, poblaciones o diversidad genética; el aprovisionamiento de alimento y el mantenimiento de la variabilidad genética son los mejores ejemplos.

Más aún, la extinción de una especie a menudo conduce a la extinción de otras; por ello, los esfuerzos de conservación deben enfocarse no sólo a las especies, sino a los procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en las comunidades y en los ecosistemas. Los servicios ambientales dependen significativamente de la diversidad de especies y, sobre todo, de la diversidad poblacional, ya que son las poblaciones las que prestan los servicios ambientales a escalas local, regional y global (Daly *et al.*, 1997).

La preservación de la biodiversidad involucra costos. Según el PNUMA, cerca de 11% de la superficie de la Tierra está cubierta por cultivos en lugar de ecosistemas más diversos (UNEP, 1995). La necesidad de proveer a la humanidad de alimento se duplicará en el siguiente siglo, lo que conducirá a una conversión del uso del suelo, de ecosistemas naturales a agrícolas. Es necesario mejorar el entendimiento de las relaciones entre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas para poder predecir si los riesgos de destruirla son mayores que los de incrementar los costos para preservarla.

De acuerdo con Costanza *et al.* (1997), los servicios ambientales derivados de los sistemas ecológicos y de su capital natural son esenciales para el funcionamiento de los sistemas vivos del planeta. Contribuyen al bienestar de la humanidad de manera directa e indirecta y, por lo tanto, representan parte del valor económico total del planeta. Debido a que estos servicios no son incluidos en el mercado comercial o adecuadamente cuantificados en términos económicos y de capital manufacturado, no se toman en cuenta o se les da poco peso en la toma de decisiones. Esta negligencia compromete hoy día la sustentabilidad de la humanidad en la biosfera.

Las funciones de un ecosistema se refieren a las propiedades o procesos que se llevan a cabo dentro de él y que se reflejan como productos y servicios beneficiosos para la humanidad. Es importante hacer notar que muchas veces un servicio ambiental está dado por dos o más ecosistemas o que un ecosistema puede proporcionar varios servicios ambientales. Se debe enfatizar también la naturaleza interdependiente de estas funciones ambientales.

En general, el capital es considerado como el acervo de materiales o información que existe en un momento dado. Cada forma de capital genera, ya sea de manera autónoma o en conjunción con otro tipo de capital, un flujo de servicios que pueden usarse para transformar materiales en beneficio del ser humano. Llamamos capital natural a las formas físicas de la naturaleza, como árboles, animales, minerales, ecosistemas y atmósfera; capital manufacturado, a las máquinas, edificios e infraestructura; y capital humano, a los seres humanos.

Los servicios ambientales constan de un flujo de materiales, energía e información provenientes del acervo de capital natural que, combinados con servicios de los capitales manufacturado y humano, procuran satisfactores al hombre. Así, los capitales manufacturado y humano requieren capital natural para su construcción. Resulta trivial preguntarse cuál es el valor de la atmósfera para la humanidad o cuánto valen los minerales y el suelo que aportan la infraestructura para la agricultura. Podemos decir que su valor es infinito y total.

Se torna necesario preguntarse cómo afectan a la sociedad los cambios en cantidad o calidad de los diferentes tipos de capital natural y de servicios ambientales. Estos cambios incluyen los pequeños cambios a gran escala y los grandes cambios a pequeña escala. Un ejemplo del primer caso sería un cambio en la composición de la atmósfera producido por pequeños cambios locales, como un incremento en la producción de CO_2, y que afectaría la viabilidad y bienestar de las poblaciones humanas en el mundo. En el segundo caso, un cambio en la composición de especies de un bosque puede alterar la estabilidad de los ecosistemas acuático y terrestre adyacentes, provocando un fuerte impacto sobre las actividades humanas locales y regionales. En general, cualquier cambio en las formas de capital natural y los servicios ambientales alterará los costos o beneficios del mantenimiento del bienestar humano.

Así, la valoración de los sistemas ecológicos resulta necesaria e indispensable en la toma de decisiones a pesar de las dificultades e incertidumbres que esto conlleva. Una de las maneras

de hacerlo es a través de los costos y beneficios que los servicios ambientales nos brindan para llevar a cabo nuestras actividades. La cadena de efectos provenientes de estos servicios puede variar desde algo muy simple hasta algo extremadamente complejo. Un bosque proporciona madera, pero también asegura humedad, conserva el suelo y crea un microclima, todo lo cual contribuye al bienestar humano y generalmente este valor no está incluido en el mercado.

Entre los sistemas más dinámicos y productivos, que además proporcionan una gran variedad de servicios ambientales, están los humedales. Al mismo tiempo, estas características han propiciado que el hombre los convierta en sistemas con un propósito único de uso (principalmente para cultivos) a costa de la pérdida de otras de sus funciones y de una disminución en la superficie inundable. Esto ha traído consecuencias graves en el control de inundaciones y en la pérdida de hábitats. En términos económicos y sociales, el valor de la pérdida de estas funciones depende de la situación económica y geográfica del país. No es la misma valoración para un país desarrollado que para uno subdesarrollado, ya que los valores del mercado y de la economía informal son diferentes. Un ejemplo claro es el contraste del valor que se le da al agua potable en un país desarrollado, como Estados Unidos, y en uno subdesarrollado, como Malasia. En EUA esta función está valuada en USD 15 095/ha/año (Gupta y Foster, 1975), y en Malasia en USD 104/ha/año (Kumari, 1995); esto es debido, en parte, a las diferencias en los estándares de calidad, costos y disponibilidad del agua, y al valor de mercado. En México, el agua es gratuita sólo se paga el costo de aprovisionamiento. Otras de las funciones de particular importancia económica son el control de inundaciones, reciclamiento de nutrientes y de materiales de desecho, que representan casi 80% de su valor económico. Dependiendo de las características del ecosistema existen funciones que deben ser valoradas por su importancia ecológica, como su influencia sobre el clima local y global, sobre la temperatura, precipitación, intercambio atmosférico, formación de suelo y control de erosión; con relación a su importancia biológica, si se trata de áreas de crianza, alimentación, migración o corredores biológicos; y por su importancia social; en caso de ser áreas con uso recreativo (Costanza *et al.*, 1997).

9. VALOR ECONÓMICO DE LOS RECURSOS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES

Los elementos de la naturaleza adquieren la connotación de "recurso" en un marco socioeconómico particular y en un momento determinado; es decir, el concepto "recurso natural" tiene un carácter histórico que depende de la relación sociedad-naturaleza (Ojeda y Sánchez, 1984). Lo anterior se debe a que las posiblidades de utilización de algún elemento natural están supeditadas tanto a factores socioculturales como a los avances científicos y tecnológicos. En este sentido, el deterioro de la naturaleza es el resultado de un manejo inadecuado del medio ambiente en el curso del proceso de desarrollo del hombre, donde el incremento de la población humana ha ido modificando la relación entre éste y los recursos disponibles, llegando en algunas ocasiones a sobrepasar la capacidad de carga del ecosistema en cuestión (Sánchez *et al.*, 1989).

La preservación y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos epicontinentales dependen de asegurar que la cantidad y calidad del agua sean suficientes y de garantizar la diversidad de especies que los conforman. En este sentido, conservar la biodiversidad es importante para que un ecosistema pueda mantener sus habilidades regenerativas —estabilidad, resistencia, resilencia— ante agentes estresantes o interferencias externas, así como su capacidad para desarrollarse —evolución y madurez— en forma natural sin ser constreñido por las actividades humanas.

El uso sustentable de los recursos acuáticos requiere mejor información para el manejo, integridad y uso del agua disponible, así como la conservación de los mismos y un inventario o catálogo de los productos y servicios que de ellos se obtienen. La integración de la información sobre la distribución del agua, su drenaje y su suministro en México no es una tarea sencilla de-

bido a que la información recabada por las autoridades federales, estatales y locales responsables del manejo y planeación de los recursos acuáticos, se encuentra frecuentemente dispersa, rara vez publicada y no ha sido integrada ni analizada colectivamente por la comunidad científica. Monitorear y evaluar las políticas para el manejo integral del uso del agua requiere la asociación a largo plazo entre investigadores, dependencias y usuarios. Para iniciar estas acciones regionales y considerando al mismo tiempo la conservación de los recursos, se deben reconocer las características hidrológicas y biológicas de las cuencas, identificar las necesidades de diversos tipos de usuarios (p. ej. agricultura, industria y consumo humano), y reconocer a aquéllos dispuestos a colaborar con los incentivos de conservación (Banco Mundial, 1991).

9.1. VALOR ECONÓMICO DEL AGUA

Claramente, el agua es un recurso crucial en muchos aspectos de nuestras vidas. Se puede decir que el valor social del agua incluye todos los beneficios que las actividades humanas obtienen de su uso, ya sea directa o indirectamente. De manera similar, el costo social del agua se define, al igual que todos los costos o daños que afectan a la sociedad, como el resultado de un uso dado, incluyendo los costos directos e indirectos, ambientales, económicos y sociales de extracción, transportación y saneamiento del agua.

Los usos que se hacen del agua como recurso natural, según Burril (1997), pueden clasificarse en dos categorías principalmente: extractivos e *in situ*. Los usos extractivos son aquéllos en los que el agua se remueve físicamente de su sitio original y se utiliza en procesos económicos como agricultura, silvicultura, acuicultura, industria, comercio, transporte y servicios; para uso doméstico, en bebidas, alimentación e higiene; y para servicios urbanos de limpieza, como irrigación de parques y jardines. Los usos *in situ* son aquéllos en los que el agua se utiliza en su lugar de origen como lagos, corrientes, humedales, estuarios o acuíferos. Incluyen usos activos del agua, como transporte, reciclamiento de nutrientes y materiales de desecho, generación de energía eléctrica, pesquerías y recreación (navegación, natación y pesca deportiva). También se consideran usos *in situ* los usos pasivos, en los que el agua no se usa activamente por el hombre pero sirve en funciones como mantenimiento de los ecosistemas naturales, conservación del agua *per se* para futuros usos y como apoyo a sistemas éticos y culturales, entendiéndose esto como la función del agua en los aspectos social, cultural y político. En este rubro el agua determina reglas y costumbres de uso dentro de la sociedad, así como derechos territoriales.

En muchas partes del mundo, el agua ha sido administrada tradicionalmente como un recurso ilimitado; sus costos se refieren exclusivamente a la recuperación del costo por aprovisionamiento, pero el agua normalmente es considerada como un producto gratuito. En las regiones donde la demanda de agua es mayor que su disponibilidad, esta estrategia resulta inapropiada.

La demanda mundial de agua ha crecido considerablemente en las últimas décadas. Esto se debe a una variedad de factores, como el crecimiento poblacional, una mayor diversidad de usos del agua y la expansión de la agricultura tecnificada. Como resultado, en muchas regiones la demanda de agua ha rebasado la capacidad de abasto.

En la sociedad actual, el agua desempeña una gran variedad de funciones; resulta evidente que la escasez de este recurso tiene consecuencias directas en las actividades económicas y pone en peligro sus usos ambientales. En las zonas áridas, el agua es uno de los factores limitantes que determinan el desarrollo económico y social; allí su manejo óptimo y apropiado es un requisito indispensable para asegurar el bienestar social y el desarrollo sustentable de la región.

Tradicionalmente, la forma en que se resolvían la escasez de agua y el aumento del abasto disponible era satisfaciendo las demandas sin importar los costos. Para esto el agua se obtenía de las fuentes más baratas y cercanas mediante acciones como la apertura de nuevos pozos, la

construcción de reservorios y el entubamiento de ríos, lo cual condujo a la sobrexplotación y agotamiento de acuíferos y corrientes superficiales, así como a problemas de salinización y desecación. Posteriormente, se recurrió a traer el agua desde regiones lejanas o a construir grandes presas, lo cual resultó altamente costoso. En la actualidad, la visión ha cambiado hacia un uso eficiente y sustentable del agua a través de procedimientos técnicos, como plantas desalinizadoras, reutilización del recurso, plantas de tratamiento de aguas residuales y un manejo institucional del recurso con una dimensión común o de bien público (Burrill, 1997).

En la publicación *Eficiencia y uso sustentable del agua en México* (Cespedes y CMIC, 1998), se señala que el manejo sustentable y eficiente del agua, al igual que cualquier otro recurso, en particular de aquéllos que tienen una dimensión común o de bien público, requiere instituciones adecuadas. En general, las instituciones proveen la estructura de incentivos en una economía, fijan las reglas básicas para el uso de los recursos y establecen las bases para el control o regulación de mercados y procesos administrativos. En este sentido, todos los diseños institucionales para el manejo de recursos hídricos deben considerar ciertas variables de tipo biológico, fisicoquímico, económico y social. Es decir, se deben tomar en cuenta las condiciones de aprovechamiento y uso de los recursos hídricos, la naturaleza ecológica de los cuerpos de agua, el tipo y número de usuarios, la información disponible, la mezcla de intereses locales y públicos, la variabilidad temporal y espacial del recurso, y el tipo e intensidad de los conflictos prevalecientes, así como las tecnologías disponibles, las experiencias anteriores de organización y los costos y beneficios percibidos por los usuarios antes y después del establecimiento de las instituciones.

Una vez establecidas las reglas, es necesario que su aplicación esté garantizada a través de medidas de vigilancia, control y sanción, las cuales implican costos que, por lo general, asume quien lleva a cabo estas funciones.

Establecer la propiedad sobre los bienes y servicios que pueden tener una dimensión pública es un tema complicado, ya que normalmente diferentes grupos sociales pugnan por su control y usufructo; más aún, la sociedad carece de criterios suficientemente categóricos para definir a quien o a quienes deben investirse con los derechos de propiedad correspondientes.

Estos derechos de propiedad son conjuntos de relaciones jerarquizadas entre individuos con respecto a los bienes y recursos más que una relación entre un individuo y un recurso: la propiedad es esencialmente una relación social. Cuando los derechos de propiedad están bien determinados, los individuos tienen claro qué acciones pueden llevar a cabo y bajo qué condiciones, algo fundamental para sustentar un sistema de intercambio eficiente. Cuando los derechos de propiedad sobre los recursos son inciertos, no existen incentivos para invertir en su conservación. Se requiere certidumbre sobre la cantidad y calidad del recurso en un tiempo dado y la certeza de protección contra los actos ilegales de otros usuarios.

En México, en materia de agua, prevalece un modelo protagonizado por una autoridad gubernamental centralizada y propietaria de los derechos sobre el agua que asigna concesiones y permisos de uso y que, además, posee amplios poderes para determinar las condiciones de acceso y utilización. En este modelo, en general, han predominado criterios políticos sobre consideraciones económicas y ambientales en el manejo de los sistemas hidráulicos, los cuales se ven reflejados en seis aspectos muy importantes: escasez, asignación ineficiente, financiamiento insuficiente en obras de infraestructura, impactos ambientales, sobrexplotación y agotamiento.

9.2. VALOR ECONÓMICO DE LA BIODIVERSIDAD ACUÁTICA

La destrucción del hábitat es el costo de nuestra civilización y un resultado inevitable de la globalización. Aunque de sus resultados no todos hayamos sido beneficiados, estamos afectados por igual en nuestras expectativas de sobrevivencia como especie. Independientemente del precio

relativo que se les otorgue a los recursos naturales, que son la base de la producción de todos nuestros satisfactores, éstos no alcanzan para garantizar su reposición al ritmo que demanda la producción (Noriega, 1998).

Las amenazas ambientales en el mundo no podrán ser atacadas de manera eficaz sin cambios profundos al sistema de las relaciones internacionales. Es necesaria, pues, una nueva geopolítica que busque la cooperación entre las naciones como un medio de interacción internacional y como una forma de reducir las amenazas a su futuro común en materia de impacto ambiental y salud (Carmona, 1998).

Nos encontramos, según Noriega (1998),en una etapa del desarrollo de la humanidad en la que los conocimientos sobre el estado y la evolución del hábitat son más profundos y con mayor difusión que nunca antes. Existe conciencia del problema; sin embargo, aquellas sociedades donde la urgencia de las necesidades inmediatas gobierna las decisiones reciben el precio más bajo por la venta de sus recursos naturales y son, a la vez, las que presentan las mayores tasas de deforestación, de especies en extinción y de industrias contaminantes. No son las personas con bajos recursos económicos quienes más contribuyen a la destrucción del planeta, sino la destrucción del hábitat la que genera más pobreza.

Para este autor, los mecanismos de denuncia de la destrucción del hábitat coinciden con ser instituciones públicas y académicas de bajo compromiso con las instancias de poder, y organizaciones no gubernamentales. No son ni la iniciativa privada (fundamento de los sistemas del libre mercado) ni los organismos internacionales, los más preocupados por este asunto. Se trata de un problema cuyas soluciones no son posibles en el marco del libre mercado, puesto que es precisamente éste el mecanismo esencial conducente a la destrucción del hábitat cuyo costo es mucho más elevado cuanto más pobreza haya en el planeta. No será posible resolver los problemas de daños al hábitat si no se plantean como fenómenos estrechamente relacionados con la pobreza de más de la mitad del mundo y con la debilidad institucional de las economías subdesarrolladas. El hábitat se cotiza en función de los niveles medios de ingreso de las sociedades, de sus niveles de educación y del grado de conocimiento y de conciencia de las instituciones sobre el problema de su destrucción.

La pérdida de biodiversidad ha tenido como causa fundamental la imposición de patrones productivos provenientes de los países industrializados, la presión de la demanda del mercado mundial y los patrones de sobreconsumo de los países ricos, más que el crecimiento demográfico o la contaminación que generan los países pobres (Carmona, 1998). Mucha de la biodiversidad que es necesario conservar se encuentra en los países subdesarrollados, donde la conservación no es precisamente una prioridad. Por este motivo, corresponde a los países desarrollados aportar los recursos necesarios para la conservación de esta biodiversidad y acatar de manera conjunta el cumplimiento de las políticas establecidas (Pearce y Moran, 1994).

De acuerdo con Pearce y Moran (1994), uno de los motivos principales del deterioro de la biodiversidad es la disparidad entre los costos social y privado de la distribución del agua, y entre los beneficios de uso y conservación de ésta. Los costos y beneficios particulares se refieren a las pérdidas y ganancias del usuario inmediato del ambiente: el agricultor, el industrial, el pescador y el consumidor. Los costos y beneficios sociales se refieren a las pérdidas y ganancias que afectan directamente a la sociedad. Así, los intereses sociales y privados a menudo no coinciden y lo que puede ser beneficioso para un individuo supone costos para el resto de la sociedad —las llamadas "externalidades". Por otro lado, se considera que lo que es bueno para la sociedad es también beneficioso para el individuo, sin embargo, este valor ambiental es muy difícil de cuantificar o evaluar.

Como resultado de lo anterior, la conversión del uso del suelo es el principal factor que provoca pérdida de biodiversidad. Esta conversión de hábitats naturales a campos agrícolas y ganaderos o a granjas camaronícolas en el caso de manglares y humedales, se lleva al cabo ante el dile-

ma de conservar o desarrollar. Los intereses que motivan al propietario a tomar una decisión están en función de la ganancia en costos y beneficios entre las dos opciones. Desde un punto de vista individual, a corto plazo, el mayor valor económico se obtiene con la explotación del recurso; por el contrario, desde un punto de vista social, a corto y largo plazos, el mayor valor económico se alcanza con la conservación o manejo del recurso. En este sentido, las acciones del gobierno, generalmente en forma de subsidios e incentivos, apoyan la visión individual y, aumentan por lo tanto las expectativas de ganancia al explotar la opción de desarrollar.

Se requiere, entonces, una solución en la que se vean reflejados los beneficios mutuos, tanto para el individuo como para la sociedad, y en la que el uso sustentable de los recursos permita ganancias económicas pero no a costa del ambiente, sino a favor de la conservación de los recursos y del ecosistema.

Existe una gran cantidad de estudios relacionados con la valoración económica de los recursos biológicos; sin embargo, a la fecha no existe una metodología confiable para evaluar económicamente la biodiversidad *per se*. La valoración de la diversidad requiere conocimientos sobre todas las especies y hábitats que la componen, y no sólo de los recursos biológicos útiles al hombre. Existe un desconocimiento muy grande del valor potencial de la biodiversidad debido a que sus funciones no están reconocidas en el mercado.

Los recursos biológicos son aquellos componentes de la biodiversidad, definida en términos de genes, especies y ecosistemas, que son de utilidad actual o potencial para el hombre. Cuando se habla de valoración de la biodiversidad, se hace sobre la base del valor económico total de uno o varios de sus componentes con la finalidad de integrarlos a las estrategias de diversificación productiva y de conservación.

Según Pearce y Moran (1994), el valor económico total de un componente de la biodiversidad está dado por su valor de uso y su valor intrínseco o de no-uso. Además de los costos de oportunidad presentes e intertemporales relacionados con los usos directos, el valor económico total de la biodiversidad incluye necesariamente los valores de uso indirecto vinculados a la corriente de bienes y servicios ambientales, el valor de opción y el valor intrínseco de la misma. Por lo tanto, siendo básicamente la suma de los valores de uso directo, indirecto, de opción e intrínseco, es necesario advertir que algunos usos particulares pueden ser no aditivos o excluyentes.

El valor económico total está dado por el uso actual que se le da a un recurso (valores directo e indirecto), por su utilización a futuro (valor de opción) y por sus valores de existencia (valor intrínseco) (WCPA, 1998).

Valor de uso directo: se aplica cuando el valor de los recursos biológicos se deriva de un uso directo el cual puede ser o no consuntivo y que redítúa en distintos bienes para el ser humano. Algunas de las actividades típicas del uso directo son la pesca comercial y deportiva, el comercio de diferentes especies acuáticas de flora y fauna, la explotación de tallos y bejucos para cestería, la utilización de leña como fuente de energía, la producción de alimentos e insumos industriales diversos como tintes, medicamentos y productos farmacéuticos, entre muchos otros.

La amplia diversidad social y cultural de México hace que exista una multiplicidad de posibles usos adicionales de carácter directo y consuntivo (ceremonial o ritual, artesanal, ornamental, medicinal, simbólico y educativo). Las actividades que demandan estos recursos son principalmente de autoconsumo o bien, en relación con importantes mercados locales, fragmentados y marginales a escala nacional.

Por otra parte, el valor de uso directo no consuntivo de un recurso considera la posibilidad de obtener un beneficio sin suprimir o deteriorar alguno de sus elementos, lo cual ecológicamente es muy provechoso y económicamente puede ser muy rentable. Por ejemplo, el paisaje ofrece el placer de presenciar el despliegue de las especies de flora y fauna en su propio hábitat. En este sentido, pueden realizarse observaciones directas de algunas especies (aves, peces, arrecifes de coral, ballenas, lobos marinos, delfines, plantas de ecosistemas tropicales, tem-

plados o semiáridos, entre otros) o indirectas, a través de relatos, fotografías o cintas cinematográficas y de video; en cualquier caso se trata de usos no consuntivos estrechamente ligados a actividades como excursionismo, buceo y ecoturismo.

Valor de uso indirecto: está dado por los bienes derivados de las funciones ecológicas que ofrece la biodiversidad, los cuales se denominan "servicios ambientales" y se definen como las condiciones y procesos naturales de los ecosistemas, incluidos las especies y los genes, que reditúan al hombre un beneficio. Estos servicios mantienen la biodiversidad y la producción de bienes como alimento, agua, energía eléctrica, control de inundaciones, depuración de agua y recarga de acuíferos, entre otros.

El libre acceso a estos bienes y servicios ambientales explica, en parte, su vulnerabilidad y la necesidad de identificar los procesos económicos y sociales que los ponen en riesgo. Relacionadas con estas funciones ambientales, algunas especies pueden convertirse en indicadores ecológicos cruciales a partir de los cuales pueden identificarse tendencias favorables de utilización de la biodiversidad, así como nuevas oportunidades para su aprovechamiento económico.

Valor de opción: deriva de la opción de utilización del recurso a futuro, ya sea directa o indirecta. Asimismo, el valor de opción representa la buena voluntad individual de pagar para salvaguardar una parte de la biodiversidad para que en el futuro exista la opción de utilizarla. En este sentido, la conservación y el uso sustentable son actitudes éticamente más consecuentes y ecológicamente benéficas que pueden representar opciones económicas de largo plazo más atractivas que las que aparecen con mayores tasas de beneficio en el corto plazo. La pérdida de la biodiversidad equivale a la pérdida irreparable de todos los valores directos o indirectos, consuntivos o no consuntivos. Es decir, significa carecer de alternativas u opciones de uso de la biodiversidad en el futuro debido a su destrucción presente. El ejemplo característico del valor de opción es el uso potencial de la información contenida en los acervos y bancos genéticos.

Valor intrínseco: el valor intrínseco de la biodiversidad está dado por los valores de existencia o valor pasivo de uso y de legado. Este último está relacionado con el beneficio que representa el conocimiento que existe sobre un aspecto determinado de la biodiversidad, a partir del cual pueden obtenerse otros satisfactores.

La valoración económica de la biodiversidad se vuelve una tarea, si bien a mediano plazo debido a la complejidad que entraña, muy urgente debido a las exigencias derivadas de la inclusión de criterios ecológicos en la definición de nuevas propuestas de aprovechamiento de los recursos naturales.

En particular, México es el país latinoamericano con mayor diversidad de ecosistemas en los cuales se encuentra representado alrededor de 10% de las especies conocidas del orbe. Además, nuestro país es uno de los centros de origen del germoplasma alimentario para todo el mundo. El uso y aprovechamiento de estos recursos biológicos es, sin duda, una de las mayores riquezas que posee nuestro país para promover su desarrollo socioeconómico. Asimismo, esta diversidad representa una gran responsabilidad para nuestra generación, dada la acelerada e irreversible pérdida de hábitats y especies.

En México, no ha sido aprovechada racionalmente la enorme diversidad de ecosistemas, especies silvestres de flora y fauna, recursos genéticos y funciones ecológicas. Tradicionalmente, esta gran riqueza natural ha sido sobrexplotada o subutilizada. La mayoría de las actividades económicas actuales (rurales y urbanas), las cuales usan directa o indirectamente recursos naturales, tienen un marcado énfasis extractivo. Para frenar esas tendencias de deterioro y pérdida del agua, así como para sentar las bases que estimulen su conservación y aprovechamiento sustentable, es imprescindible identificar los atributos, funciones y valores de la misma, así como sus ventajas comparativas y el potencial económico que encierra.

9.3. PROBLEMÁTICA Y CONSOLIDACIÓN DE MERCADOS

Para dimensionar con objetividad las oportunidades presentes y futuras del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del país, además de considerar sus atributos, funciones y valores, conviene tomar en cuenta algunos de sus principales problemas, los cuales tienen que ver con fallas institucionales y de mercado.

El Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (Cespedes) (http://www.cespedes.org.mx) señala que en México, los mercados relativamente consolidados funcionan frecuentemente sin tomar en cuenta los costos ambientales de las diferentes actividades y formas de utilización de sus recursos, dando como resultado asignaciones ineficientes de los factores productivos para las cuales prácticamente no existen reglas en favor de la conservación ni de la utilización racional de los recursos. También existen mercados exclusivamente locales, estacionales y precarios donde se comercia con especies de manera furtiva e ilegal que, lejos de fomentar un aprovechamiento sustentable de los recursos, presionan reiteradamente hacia su agotamiento o deterioro.

La inexistencia o fragilidad de los mercados aunada a la ausencia de regulaciones y políticas eficaces para la gestión de la biodiversidad son algunas de las principales causas de pérdida de la misma. Si bien estas fallas son muy graves, existe la posibilidad de resolverlas gradualmente mediante la identificación de las vías de demanda y oferta de recursos y productos naturales existentes y potenciales. La resolución de los problemas señalados, la consolidación y el fortalecimiento de los mercados, y la integración de los costos ambientales correspondientes, deben ser metas ligadas a la conservación ecológica y a la diversificación productiva de los sectores primarios involucrados.

Entre las actividades actuales relacionadas con ecosistemas acuáticos, que cuentan con mercados establecidos, se pueden señalar las siguientes (Pérez-Gil *et al.*, 1995):

- Actividades artesanales e industriales diversas.
- Cacería de aves acuáticas, deportiva y de subsistencia.
- Colecta científica.
- Combate de malezas acuáticas nocivas.
- Comercialización de especies de ornato como mascotas.
- Comercio exterior de especies de ornato.
- Crianza o propagación con fines comerciales.
- Ecoturismo.
- Pesca comercial, deportiva y de subsistencia.
- Prospección farmacoquímica aplicada.
- Servicios ecológicos.
- Zoológicos y acuarios.

El interés centrado en las actividades cinegéticas, y específicamente en aquéllas que se realizan mediante la contratación de los servicios en las unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA), proviene de su importancia económica y de su conexión con otras actividades productivas y de servicios formalmente constituidos, como diversos artículos para cacería y campamento, armas y municiones, ejemplares vivos y trofeos de caza, servicios de taxidermia, transporte, hospedaje, alimentación y servicios de guías de cazadores. Estas actividades generan ingresos permanentes e impulsan procesos de diversificación productiva con el beneficio adicional de la conservación de poblaciones constantes o crecientes de especies de fauna silvestre en varias zonas y comunidades rurales del país. Entre las especies acuáticas que más destacan en este rubro están el pato golondrino, pato boludo, cerce-

ta de alas azules, cerceta de alas verdes, cerceta canela, pato bocón, pato pinto, ganso frente blanca, ganso canadiense, ganso nevado y branta negra.

Por lo anterior, resulta necesario y urgente regular ecológicamente el aumento de la demanda cinegética y la diversificación de su oferta excluyendo las especies amenazadas y fomentando el establecimiento de nuevos ranchos cinegéticos administrados por las propias comunidades locales. Esto permitiría disminuir la sobrexplotación de las especies de fauna silvestre y ayudaría a detener la destrucción de los hábitats naturales y a promover el aprovechamiento sustentable de los recursos.

Un ejemplo de especies que han sido explotadas a gran escala y regionalmente pero que debido a la sobrexplotación y pérdida de su hábitat se encuentran en peligro de extinción o amenazadas y que, por consiguiente, han perdido mercado, son tres especies de cocodrilos, 13 de ranas y salamandras, y algunas especies de tortugas de agua dulce y de desierto, ajolotes (Ambystomatidae) y serpientes semiacuáticas del género *Thamnophis*. La razón principal para explotar estas especies en México es la obtención de su piel para satisfacer la demanda creciente del mercado de pieles, además de su consumo como alimento, como mascotas o en la elaboración de artesanías (Flores-Villela y León-Paniagua, 1998).

La creación de nuevos mercados que vinculen las industrias demandantes de insumos a los productos de la vida silvestre y la consolidación de los mercados ya existentes, tienen como contexto la dinámica de los mercados globales que, a su vez, son gradualmente más respetuosos del ambiente. Las unidades de producción y comercialización reguladas, así como los criaderos intensivos, desempeñan un papel crucial en el aprovechamiento de las faunas nativa y exótica, atendiendo tanto la demanda de las actividades industriales, artesanales y de bioprospección, y el aprovechamiento de especies de ornato para mascotas, acuarios y zoológicos, como el fomento de la investigación científica, el repoblamiento de especies y el combate del tráfico ilegal.

El ecoturismo en México es una alternativa de diversificación productiva relativamente nueva y con un enorme potencial; se deriva de la diversa oferta de recursos y productos de la vida silvestre, de la diversidad de ecosistemas complejos y de paisajes, del alto grado de endemismos y de especies características y significativas de flora y fauna, de un número considerable y creciente de áreas naturales protegidas y unidades de conservación y producción privadas y del sector social susceptibles de ser aprovechadas, de su riqueza histórica, arqueológica y cultural, de su infraestructura y experiencia turísticas, y de su ubicación geográfica (http://www.cespedes.org.mx).

El ecoturismo puede definirse como un buen instrumento de manejo de los ecosistemas, los recursos naturales y las funciones ambientales, el cual consiste fundamentalmente en el uso no consuntivo de los atributos escénicos y paisajísticos de la naturaleza. En nuestro país, el ecoturismo y el excursionismo en aguas epicontinentales puede incluir actividades como la observación directa de aves acuáticas y peces, y la práctica de deportes acuáticos como buceo, natación, descenso de rápidos en ríos, veleo, esquí y pesca deportiva.

El valor de uso directo no consuntivo que supone el ecoturismo reside en el estricto respeto de la capacidad de carga de los ecosistemas destinados a este tipo de actividades. Constituye, además, una buena opción de financiamiento para la conservación y el aprovechamiento, pues hace compatibles el uso de la biodiversidad y la creación de flujos recurrentes de ingresos en moneda nacional y en divisas, generando así provechosos efectos económicos y sociales, y haciendo posible la ejecución de programas de conservación congruentes con el desarrollo local y regional mediante la generación de fuentes propias de empleo y financiamiento (http://www.cespedes.org.mx).

Por último, el mercado de la pesca comercial y de subsistencia de especies dulceacuícolas que se lleva a cabo en presas y lagos principalmente, está poco desarrollado. Las capturas son

aprovechadas básicamente para autoconsumo y en segundo término para cubrir la demanda de los mercados local y regional. El producto restante, que es mínimo, se vende fuera del estado. Un ejemplo de que el beneficio derivado de la explotación pesquera puede reflejarse incluso en las ciudades de México y Guadalajara, a donde son canalizados los volúmenes más importantes de su producción, es la presa Infiernillo. El precio con el que se comercializa este pescado se orienta a consumidores de estratos de ingresos medios y bajos, así como a la población marginada (Juárez, 1995).

Existe muy poca información sobre el valor económico de las pesquerías continentales, y la que hay se refiere a los grandes cuerpos de agua como los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo, Chapala, Catemaco y las presas Infiernillo, el Caracol, Cerro de Oro, Temascal, La Angostura, Falcón, Malpaso, Marte R. Gómez y la Boca. La biodiversidad de estos embalses se ha visto afectada por la introducción de especies exóticas, principalmente tilapias y carpas, que compiten por espacio y alimento con las nativas y que fueron introducidas como una actividad productiva complementaria y como fuente de proteína animal.

En el caso de las presas, si bien el objetivo principal es el control de avenidas y la generación de energía eléctrica, la dimensión potencial de la actividad pesquera como una alternativa de producción, aunque esté regida por el manejo hidráulico de la presa, puede llegar a ser un factor importante de desarrollo para los habitantes del vaso, sobre todo para las comunidades reubicadas que pescaban para consumo familiar y que al verse afectadas por la pérdida de sus tierras, tuvieron que convertir la pesca en una actividad no sólo para autoconsumo, sino para venta.

En la presa Infiernillo, la pesca ha experimentado los efectos de una actividad económica creciente. En su inicio, ofreció una alternativa laboral a los moradores de la ribera y, posteriormente, se ha convertido en una fuente de ingresos que les ha permitido una capitalización gradual a algunos de los productores, además de ser una inversión atractiva para los intermediarios, quienes financian a los pescadores para la obtención de equipo a condición de recibir el total de la captura. Esto ha conducido a crecimientos desmesurados en el número de pescadores, redes y embarcaciones que operan en el embalse, propiciando que éste muestre ya evidencias de sobrepesca. Por lo que se refiere al autoconsumo, la estadística oficial no lo considera, pero se estima importante para los pobladores de las comunidades ribereñas (Juárez, 1995).

Como se mencionó con anterioridad, un factor que ha incidido negativamente en la biodiversidad de lagos y presas es la sobrexplotación de los recursos. Así, resulta necesario limitar el esfuerzo pesquero con medidas regulatorias en función de la productividad de los cuerpos acuáticos mediante el ordenamiento de la actividad, limitando el número de pescadores, de embarcaciones, de artes de pesca y de días laborables.

Otro de los ecosistemas transformados para la obtención de alimento en las zonas rurales son los bordos. Dentro de los múltiples usos que se les pueden dar a estos ecosistemas artificiales se encuentran su empleo como abrevadero para el ganado y la utilización del agua para riego y acuicultura. Esta última favorece el reciclaje de materiales y genera fuentes de alimento alternativas de bajo costo, ya que no requiere más trabajo que introducir y cosechar los organismos. Además, reduce el impacto al ambiente puesto que dicho cultivo adquiere el carácter de un proceso productivo que reduce la eutroficación y mejora la textura y fertilidad del suelo al emplear agua rica en materia orgánica disuelta y particulada. Por este motivo, resulta importante su intregración con las diferentes unidades de producción agrícola y pecuaria, y no sólo como una actividad aislada con fines únicos de autoconsumo. La Subsecretaría de Pesca ha dirigido sus esfuerzos a la repoblación de estos microembalses con ciprínidos o cíclidos principalmente, desafortunadamente no se han logrado altos rendimientos por año (Hernández-Avilés *et al.*, 1995).

En México, las perspectivas de aprovechamiento pesquero y acuícola dependen de múltiples aspectos que tienen que ver con el manejo hidráulico del cuerpo de agua, la evolución de

la calidad del agua, los cambios en las poblaciones y características biológicas de los peces, el tipo e intensidad de explotación que se genera, una administración eficiente de las cooperativas, y la apertura de nuevos mercados.

10. AMENAZAS

La creciente preocupación por el mantenimiento de la biodiversidad de las aguas epicontinentales y los esfuerzos por reducir los riesgos que enfrentan muchas especies se basa en las evidencias sobre la pérdida de esta biodiversidad. Los ecosistemas acuáticos epicontinentales son particularmente vulnerables a la pérdida de hábitat (degradación, cambios en la calidad y fragmentación), así como a la sobrexplotación e introducción de especies exóticas. Las tasas de extinción para estos ecosistemas provienen principalmente de lagos y ríos (WCMC, 1992). Sin embargo, aunque las evidencias prevalecen, en general son dispersas y sin continuidad desde la perspectiva geográfica. El hecho de que haya muchas especies en franca declinación o extinción justifica la preocupación real por el estado de la biodiversidad de las aguas epicontinentales. Un hecho alarmante es que aunque los humanos siempre han hecho uso de los sistemas acuáticos y sus especies, en los últimos 200 años, después de la Revolución Industrial, el desarrollo económico acelerado y el crecimiento poblacional han generado transformaciones en estos ecosistemas a una escala sin precedente.

La cuenca del río Bravo ejemplifica de manera clara este hecho. A partir de información recolectada durante 138 años se podía apreciar la existencia de dos ictiofaunas discretas. Una de ellas se localizaba en la cuenca alta y estaba compuesta principalmente por especies estrictamente dulceacuícolas. La otra se encontraba en la cuenca baja y estaba formada por una mezcla de elementos de agua dulce y estuarinos, siendo los primeros los más abundantes. Recientemente, se han detectado serias alteraciones en la composición de estas poblaciones. La fauna de la cuenca alta aparentemente ha perdido muchos de sus componentes, sus poblaciones son menos abundantes y las especies nativas están siendo remplazadas por especies exóticas y estuarinas. Por otra parte, la fauna de la cuenca baja parece tener menor número de especies dulceacuícolas las cuales están siendo remplazadas por especies estuarinas y marinas. Estos cambios están relacionados con la disminución del volumen del río y el incremento de la contaminación, lo que ha resultado en una salinización de las aguas (Edwards y Contreras-Balderas, 1991; Contreras-Balderas y Lozano-Vilano, 1994a).

Otro caso de extinciones rápidas se dio en el suroeste del estado de Nuevo León, a consecuencia del secamiento de cinco manantiales por el abatimiento creciente de mantos freáticos utilizados para fines agrícolas. Entre las especies extintas se pueden citar *Cyprinodon longidorsalis*, descubierta en 1984 y extinta en 1994; *Cyprinodon inmemoriam*, descubierta en 1984 y extinta en 1986; *Cyprinodon ceciliae*, descubierta en 1988 y extinta en 1990; *Megupsilon aporus* y *Cyprinodon alvarezi* descubiertas entre 1948 y 1961 y casi extintas en 1994. En 1984, el tamaño de las poblaciones de *Cyprinodon veronicae* y de los caracoles *Valvata beltrani* y *Valvata* sp. eran de 10 000 a 12 000 individuos cada una; 20 años después los caracoles fueron descubiertos como conchas secas y sólo sobrevivía el pez cachorrito *C. veronicae*. Resulta obvio que, a corto plazo, el futuro de esta especie será también la extinción (Contreras-Balderas y Lozano-Vilano, 1996).

En vista de todo lo anterior, es necesario acelerar los procesos que nos permitan cambiar las tendencias de deterioro asociadas a factores económicos, demográficos, tecnológicos y culturales. Por otro lado, las presiones sobre los recursos naturales y, más en general, sobre los servicios ambientales, están también incrementándose por la creciente y acelerada urbanización. Resulta necesario y urgente tomar acciones decididas para definir límites al deterioro ambiental a través de políticas serias de ordenamiento ecológico y de un manejo sustentable y predictivo.

En resumen, se puede decir que las amenazas y riesgos con los efectos más severos son directos y resultan de actividades extractivas, así como de acciones de transformación del ambiente costero y de las cuencas hidrográficas. Actualmente, la pérdida de diversidad biológica está dada principalmente por la destrucción del hábitat, la sobrexplotación de los recursos naturales, la erosión, la contaminación, la introducción inadecuada de plantas y animales, y por fenómenos naturales.

10.1. DESTRUCCIÓN DEL HÁBITAT Y EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Las actividades de uso del suelo que alteran el tipo o extensión de la cubierta vegetal en una cuenca frecuentemente modifican el rendimiento del agua y, en algunas ocasiones, el flujo de las corrientes superficiales. Los cambios en la cubierta vegetal ocurren como parte del manejo de recursos naturales y el desarrollo rural. La actividad forestal, la agricultura intensiva, el cambio del uso del suelo para cultivos y pastizales, y la construcción de caminos, son ejemplos de los cambios que pueden alterar la respuesta en las corrientes superficiales y provocar el deterioro de los ecosistemas (Álvarez y Cassián, 1993). La llamada "problemática ambiental" se refiere, precisamente, a las alteraciones que el ser humano está causando a su entorno con intensidad cada vez mayor y con carácter irreversible.

Sánchez *et al.* (1989) señalan que la magnitud del problema es tal, que muchos recursos considerados originalmente como renovables, en la actualidad, debido a su sobrexplotación o a la reducción de su hábitat, están seriamente amenazados. Tal es el caso de múltiples especies que han desaparecido, de otras que están en peligro de extinción o amenazadas, y de muchas que están siendo fuertemente presionadas, como la flora y la fauna de agua dulce.

En relación con la ictiofauna, esta situación fue registrada por primera vez a principios de los sesentas por Miller (1961, 1963), quien reporta cuatro especies como extintas recientemente y 36 en peligro. En 1979, la lista de la Sociedad Americana de Ictiología, de especies de peces en peligro y amenazadas, indicaba 67 especies para México (Deacon *et al.*, 1979). Una década después, el número de especies se incrementó 83%, es decir, llega a 123. Actualmente, el número excede de las 135 especies (Contreras-Balderas y Lozano-Vilano, 1994a).

Sánchez *et al.* (1989) mencionan, entre las actividades que provocan la pérdida de hábitat en regiones áridas y semiáridas, las relacionadas con la explotación comercial de especies propias del desierto, la ganadería extensiva y la agricultura de temporal, que es muy limitada debido a los bajos rendimientos que se obtienen con la escasez de lluvias e imprevisibilidad climática y que se realiza casi en forma exclusiva por los grupos indígenas que habitan la región. Mencionan también la agricultura de riego que se practica en las llanuras con suelos pobres en humus utilizando agua que proviene de presas, pozos, norias y de los pocos cauces de agua que existen en la zona, y la explotación comercial de especies propias del desierto que se hace con fines industriales.

La agricultura de riego enfrenta graves problemas en estas regiones. Por un lado, exige grandes volúmenes de agua, ya que se cultivan especies no autóctonas que carecen de adaptaciones para enfrentar la sequía, con lo cual aumenta la presión sobre este escaso recurso y se contribuye, en gran medida, al agotamiento de los acuíferos. Por otro lado, la deficiente planificación de las obras de riego ha tenido consecuencias graves para el suelo, particularmente en el valle de Mexicali, donde el incremento de la salinidad en las aguas del río Colorado se ha acelerado. Esto ha provocado que cerca de 200 000 ha de tierras cultivables estén dañadas por las grandes cantidades de sales que permanecen en el suelo una vez que el agua se ha evaporado o infiltrado. A pesar de los acuerdos establecidos entre México y Estados Unidos, y de las medidas

que se han tomado, es previsible que el desarrollo urbano, agrícola, industrial y energético que se está dando en esta cuenca siga incrementando la concentración de sales en el agua (Oyarzábal-Tamargo, 1978).

Se puede decir que el deterioro de nuestros ecosistemas acuáticos y terrestres y la consecuente pérdida del hábitat se originan por un manejo equivocado de los recursos naturales, por la aplicación de políticas con intereses comerciales, el desconocimiento de nuestra diversidad biológica, la carencia de tecnología propia para un aprovechamiento sustentable de los recursos, y por la falta de conciencia e información sobre temas ambientales por parte de la población en general.

10.2. EROSIÓN

Los cambios en los procesos hidrológicos inciden, de manera directa e indirecta, en problemas de erosión del suelo, transporte de sedimentos erosionados y depositación de sedimentos en las partes bajas de la cuencas. Modifican también el proceso fluvial que define el sistema de corrientes superficiales y las características físicas, químicas y biológicas que conjuntamente determinan la calidad del agua superficial y subterránea (Brooks *et al.*, 1997).

La erosión hídrica es la forma más importante de degradación de los suelos en el mundo. Según estadísticas del International Soil Reference and Information Center (ISRIC) de Holanda (Oldeman *et al.*, 1990), 56% de los suelos degradados por influencia de la actividad humana se debe a efectos de la erosión hídrica, 28% es por efecto de la erosión eólica, 12% es degradación de tipo químico (salinización, contaminación y acidificación), y 4% de tipo físico (compactación e inundación) (Maass, 1998).

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes, ya que es la base material que sustenta la mayoría de los sistemas productivos primarios. En este sentido, la erosión del suelo afecta de manera sustancial la productividad de tierras agrícolas e impacta negativamente las partes bajas de las cuencas. Pimentel *et al.* (1995) señalan que más de 50% de los pastizales y cerca de 80% de las tierras para cultivo del mundo están erosionados significativamente, con sus respectivos problemas de sedimentación. Asimismo, las cuencas con un manejo forestal intensivo y asociadas a la construcción de caminos tienen tasas de erosión muy altas, de 15 ton/ha/año. Dos de las actividades que producen mayor erosión son la construcción de caminos y el tendido de vías ferroviarias (95 ton/ha/año) (Brooks *et al.*, 1997).

El establecimiento de prácticas de manejo apropiadas debe ser una prioridad bajo estas condiciones. Evitar actividades susceptibles a la erosión o usos inapropiados del suelo es la manera más económica y efectiva de mantener la productividad de la cuenca. Existen algunas medidas de restauración y prevención de la erosión por agua y viento que se mencionan a continuación (Brooks *et al.*, 1997):

- Reforestar con especies nativas, controlar el crecimiento de malezas y asegurar el suministro de agua hasta que la vegetación se establezca.
- Evitar prácticas de uso del suelo que reduzcan la capacidad de infiltración y permeabilidad del mismo.
- Favorecer la cubierta del suelo con arbustos y pastos el mayor tiempo posible.
- Ubicar correctamente los abrevaderos para minimizar pérdidas de agua, erosión y compactación del suelo.
- Evitar la tala y el sobrepastoreo en pendientes pronunciadas.
- Aplicar técnicas de control de erosión en actividades agrícolas.
- Evitar la construcción de caminos o posibles cauces en zonas con pendientes pronunciadas.

- Evitar actividades que eliminen cubierta vegetal en áreas muy grandes.
- Proteger con un cinturón de árboles los campos agrícolas y las áreas de uso intensivo.
- Reforestar para tratar de reducir la velocidad del viento.
- Mantener un balance entre las comunidades naturales y el manejo de cultivos y ganado.
- Aplicar técnicas de silvicultura con las que la pérdida de vegetación del sotobosque y de humus se minimice, para reducir el impacto de las gotas de lluvia en la superficie del suelo y poder mantener altas tasas de infiltración.

10.3. SEDIMENTACIÓN

La sedimentación o azolve es el producto directo de la erosión y es, también, un proceso importante de degradación de ecosistemas acuáticos. La mayor parte del sedimento es acarreada y depositada en las partes bajas de las colinas, en lagos y presas, en las planicies de inundación, y en los cauces de los ríos (Brooks *et al.*, 1997).

En este proceso, la cantidad de sedimento transportado por un río está relacionada, principalmente, con la cantidad de material aportado, las características del cauce del río, la tasa y cantidad de la descarga, y las características físicas del sedimento. El material aportado y la corriente dependen del clima, la topografía, la geología, los suelos, la vegetación y las prácticas de uso del suelo en la cuenca.

Entre las causas de sedimentación más importantes se pueden citar: construcción de caminos, actividades forestales, incendios, urbanización, prácticas agrícolas inadecuadas, reducción de vegetación riparia y aumento o disminución de los cauces de los ríos.

10.4. PRECIPITACIÓN ÁCIDA

La lluvia ácida fue un tema ambiental de preocupación hacia finales de los setentas y principios de los ochentas en los países industriales del hemisferio norte. El aumento de la acidez en la precipitación se produce por el ingreso a la atmósfera de óxidos de azufre y nitrógeno, derivados de la combustión de hidrocarburos fósiles como carbón, gas y petróleo. Más preocupante aún es el impacto provocado por la depositación de partículas atmosféricas, líquidas y sólidas, en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Por lo anterior, el estudio de la acidificación de ecosistemas acuáticos ha incluido las actividades antropogénicas relacionadas con la minería y los desechos lixiviados (Tease y Coler, 1984), y con las alteraciones en el uso del suelo (Soulsby, 1982; Patrick y Stevenson, 1990).

El impacto de esta depositación en lagos y ríos está en función de la capacidad de amortiguamiento del suelo, del agua y del tamaño del cuerpo de agua. Las modificaciones químicas inducidas por la acidificación afectan la alcalinidad del agua, el pH y su capacidad de disolver metales (Campbell y Stokes, 1985), y pueden, de manera directa o indirecta, alterar otros procesos químicos, como los ciclos y disponibilidad de nutrientes (Rudd *et al.*, 1988). Si los suelos son alcalinos, los ácidos se neutralizan aminorando el efecto. Sin embargo, los lagos y ríos localizados en zonas poco productivas, con suelos someros y poco profundos con respecto a la roca madre son los más susceptibles a la acidificación. Una vez que el pH baja a menos de seis, las poblaciones de peces, algas y otros organismos se ven seriamente afectadas (Brooks *et al.*, 1997).

A continuación se citan algunos de los efectos más importantes producidos por la acidificación de ecosistemas acuáticos (Planas, 1996):

- Efectos químicos:
  Decremento del pH.
  Aumento de los sulfatos SO_4.
  Decremento de la disponibilidad de carbono inorgánico disuelto.
  Aumento del nitrógeno inorgánico disuelto.
  Disolución de metales como aluminio (Al), manganeso (Mn), cadmio (Cd) y mercurio (Hg).
  Cambios en las características químicas del agua.
- Efectos físicos:
  Aumento en la penetración de la luz al cambiar la capacidad de las sustancias orgánicas disueltas de absorber luz.
  Cambios en la concentración de carbono orgánico disuelto (DOC).
- Efectos biológicos:
  Cambios en la biomasa y producción primaria de algas bentónicas.
  Cambios en la estructura y composición de las comunidades algales.
  Disminución de la riqueza específica del fitoplancton.
  Disminución de la densidad y riqueza específica de macroinvertebrados bentónicos (crustáceos, moluscos e insectos) sensibles a pH ácidos.

Para comprender y evaluar de una manera más precisa el impacto que produce este proceso sobre los ecosistemas, se requieren estudios no sólo sobre relaciones directas entre dos o más variables (pH, presencia o ausencia de especies), sino sobre la estructura de la comunidad y sus procesos. Deben, pues, considerarse otras variables químicas, físicas y biológicas, como tipo de sustrato, patrones de circulación, transmisión de luz, temperatura, cambios en la disponibilidad de nutrientes en el sedimento, preferencias alimenticias, competencia y depredación.

10.5. INCENDIOS

Los incendios disminuyen la estabilidad de la cuenca y, en topografías escarpadas y con eventos fuertes de precipitación, aumentan el arrastre de detrito junto con material procedente de deslaves. Los incendios afectan también toda la cuenca debido a que cambian los procesos fluviales. Cuando la cubierta vegetal protectora y la capa de humus del suelo responsables de la captación de lluvia son removidas, la superficie del suelo se vuelve sensible al impacto de las gotas de lluvia, aumentando por lo tanto, los efectos de la erosión y las inundaciones. La tasa de recuperación de la vegetación después de un incendio refleja el impacto provocado tanto por el fuego como por las inundaciones.

Los incendios pueden tener una gran variedad de efectos en los sistemas acuáticos que pueden ser benéficos o perjudiciales dependiendo de su intensidad, severidad, duración y frecuencia. La práctica de incendios provocados en el manejo de humedales es una actividad muy utilizada, y entre sus ventajas se pueden mencionar (Brooks *et al.*, 1997):

- Remoción anual de la cubierta herbácea para evitar la acumulación de detrito en el fondo de los humedales.
- Reducción o eliminación de la vegetación arbórea que ha invadido las represas.
- Destrucción de la cubierta de musgo para permitir la sucesión de pastos y juncos utilizados por las aves acuáticas para la construcción de sus nidos.
- Limpieza de represas para evitar problemas durante las inundaciones.
- Producción de áreas abiertas para la alimentación de aves acuáticas.

- Aumento de la mineralización de nutrientes para una mejor calidad del forraje.
- Provocar cambios en el albedo para permitir un crecimiento temprano en primavera.
- La producción de detrito puede ser muy alta después de un incendio, proporciona muchas veces diversidad de hábitats para peces y brinda al mismo tiempo nutrientes para la vida acuática.

Entre las desventajas de la práctica de incendios provocados se encuentran:

- Provoca aislamiento de las poblaciones.
- Afecta el drenaje subsuperficial.
- Modifica la capacidad de retención de agua del suelo.
- Baja el nivel del manto freático.

Los incendios severos tienen un impacto mayor ya que incrementan la temperatura de los arroyos, la descarga del flujo, la concentración de nutrientes, la erosión y la sedimentación. En este sentido, el mayor impacto sobre las comunidades está en relación con los procesos de erosión y sedimentación, ya que a través de éstos pueden reducirse áreas adecuadas para el desove o para el depósito de material fino que sirve de protección a los huevos, los previene del calor y los protege de la depredación. En otros casos, el aumento del flujo puede modificar los canales y distribuir de manera diferente las gravas y arenas.

Casi la totalidad de los incendios forestales ocurridos en México (98%) obedece a causas humanas, ya sean accidentes, negligencia o provocados intencionalmente. Cerca de 49% de los incendios forestales tiene su origen en el uso del fuego con fines agropecuarios y silvícolas (Semarnap, 2000). En años de intensa sequía, estas prácticas determinan la multiplicación de focos potenciales de incendios.

En 1999, se presentaron 7 979 incendios forestales los cuales afectaron 231 061 ha, lo que significa una superficie afectada promedio de 29.6 ha por incendio (Semarnap, 2000). Entre los tipos de vegetación más afectados sobresalen los bosques de pino-encino, encino, pino, encino-pino, las selvas baja caducifolia y alta perennifolia y el bosque mesófilo de montaña http://www.conabio.gob.mx/mapaservidor/incendios/resultados1999.html

10.6. CONTAMINACIÓN

La contaminación de las aguas se relaciona directamente con las actividades humanas. Si se analiza la distribución de las poblaciones humanas y de las actividades industriales, agrícolas y pecuarias más importantes, resulta que se encuentran concentradas en la zona templada. Esta zona está delimitada en función del clima, la altitud, los tipos de vegetación y el patrón hídrico; en nuestro país constituye aproximadamente 20% del territorio y se distribuye en los estados —o partes altas de éstos— de Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Hidalgo, México, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca y una pequeña porción de Chiapas. Algunas de las regiones hidrológicas de la zona templada se encuentran entre las más contaminadas del país a causa de las descargas de aguas residuales directamente en los cauces de los ríos, lagos y embalses. Entre las cuencas más impactadas se pueden mencionar las del Lerma-Santiago, el Balsas, el Pánuco, el Bravo, el Nazas, el Armería y el Coatzacoalcos, las cuales requieren atención prioritaria para su recuperación (Sedesol, 1993).

Los lagos o ríos terminales en los que el agua no sale más que por evapotranspiración, son especialmente sensibles a la contaminación ya que el tiempo de residencia o tiempo medio de renovación del agua (10 a 1 000 años), así como el de los contaminantes, es muy largo (Al-

cocer y Williams, 1993; Margalef, 1983; Williams, 1993). Éste es el caso de los lagos-playa, muy abundantes en las regiones endorreicas áridas y semiáridas de las zonas centro y centro-norte del país (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y Durango, entre otros), los cuales han sido contaminados con fertilizantes, herbicidas e insecticidas utilizados en la agricultura intensiva y extensiva (Ezcurra y Montaña, 1990). El lago de Texcoco en la cuenca de México, así como Totolcingo en la cuenca oriental, son claros ejemplos de la degradación ambiental a la que se ven sujetos los lagos terminales (consúltese Alcocer y Williams, 1996 y Alcocer *et al.*, 1997). El extremo opuesto lo representan las cuencas exorreicas de la zona tropical húmeda del sur de México (Veracruz, Tabasco, Chiapas), en las cuales el tiempo de residencia del agua (1 a 100 años) y contaminantes es muy breve y, por lo tanto, poseen una menor susceptibilidad a la degradación ambiental por su gran capacidad de dilución (Alcocer, 1998).

Las descargas de aguas residuales, industriales y domésticas que se vierten directamente a las presas y lagos, junto con el proceso de deterioro de las cuencas hidrográficas que por lavado y escurrimiento de su superficie acarrean mayores aportes, han provocado que estos sistemas se encuentren en un proceso acelerado de envejecimiento con lo que se afecta su capacidad de almacenamiento y se comprometen innecesariamente los usos que se les puedan dar a sus aguas.

Por lo tanto, la colmatación o azolve de sedimentos en las cuencas es un proceso de "envejecimiento" que favorece, por un lado, un incremento en el estado trófico de las aguas y, por el otro, una mayor vulnerabilidad a su degradación (contaminación), debido a que presentan una reducción en su volumen. Por este hecho, la capacidad de disolución es menor lo cual se traduce en mayores concentraciones de contaminantes.

Resulta casi imposible valorar la magnitud de la contaminación de las aguas de México. De acuerdo con el INEGI (1995), son 20 las cuencas hidrológicas más contaminadas del país (figura 10.1) y éstas abarcan no sólo la porción central de México, sino también la norte y noroeste. Las menos contaminadas se encuentran localizadas hacia las porciones sur y sureste de la República.

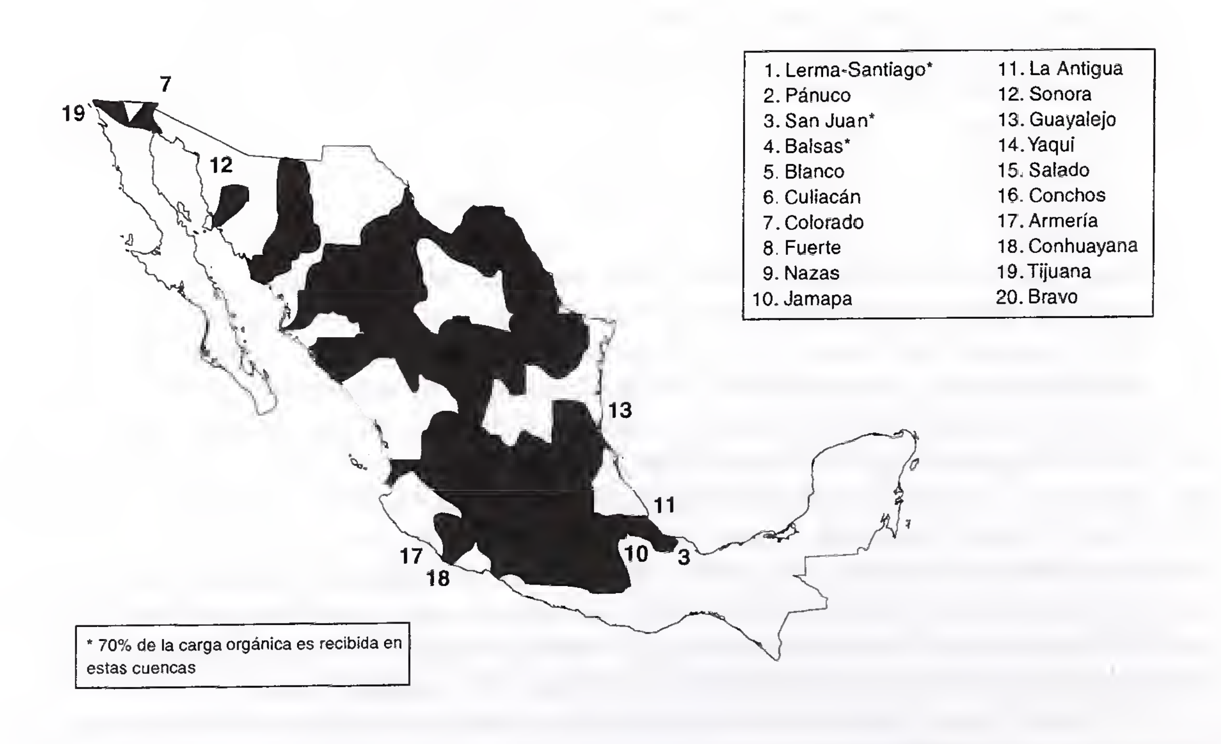


Figura 10.1. Las cuencas hidrológicas más contaminadas del país (Sedue, 1988)

Estimaciones sobre el tiempo necesario para la recuperación de algunas de las cuencas más contaminadas han evidenciado un marcado deterioro; de continuar con la tendencia actual de contaminación, más de la mitad de las regiones hidrológicas requerirán largos periodos de recuperarción (p. ej. el Balsas, más de 30 años; el Pánuco y el Papaloapan, más de 10 años) y en algunas de ellas, como la del río Tula, se necesitarán además de tiempo, inmensos recursos para recuperarla de los estragos causados por decenios de uso inadecuado y prácticas contaminantes (INEGI, 1995; Sedesol, 1993).

De manera general, la contaminación del agua incide negativamente sobre los sistemas de aguas subterráneas, los cuerpos de agua superficiales, los ecosistemas y la salud pública, y está asociada con una vasta gama de actividades productivas. A pesar de los esfuerzos por controlar la contaminación, los resultados obtenidos han sido escasos, principalmente porque las acciones se han enfocado más a restituir la calidad del agua que a controlar las fuentes de contaminación.

10.7. PRÁCTICAS ILEGALES

Las prácticas ilegales están asociadas a problemas culturales y de educación, a la falta de opciones de desarrollo socioeconómico, y a la insuficiencia y desconocimiento del marco legal vigente, así como a la escasa o nula vigilancia y al incremento constante de la demanda de recursos relacionados con la vida silvestre (http://www.cespedes.org.mx). Entre las principales prácticas ilícitas o no reguladas se pueden mencionar el tráfico y comercio clandestino de especies silvestres; la cacería furtiva y los usos inadecuados con fines de subsistencia como la captura, colecta, transporte y comercio no autorizados de ejemplares y la utilización de artes de pesca prohibidas; la destrucción y transformación del hábitat derivadas de la tala, quema y desmonte, y la depositación clandestina de desechos en hábitats de vida silvestre y ecosistemas frágiles, principlamente acuáticos.

El tráfico ilegal de especies se define como el comercio de flora y fauna silvestres, de sus productos, subproductos y demás recursos genéticos, catalogados en la NOM-059-ECOL-94 y en los apéndices de la CITES, sin la autorización o permisos correspondientes, realizado con dolo y con fines lucrativos. En México, el tráfico de especies está penado como delito y es una de las modalidades más comunes de los delitos ecológicos (Ramírez, 1998).

Estas prácticas no sólo tienen efectos negativos directos sobre las poblaciones silvestres, sino también sobre la diversidad genética. Cabe mencionar que el desconocimiento con respecto a las prácticas de manejo que debieran fomentarse, así como la inadecuada administración y la limitación de los mercados legales se añaden como otras causas de esta significativa pérdida de diversidad (http://www.cespedes.org.mx).

10.8. INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS

La introducción, intencional o accidental, de especies exóticas puede causar graves daños a los ecosistemas de aguas interiores. Se sabe que los daños causados por especies introducidas son enormes, ya que éstas pueden causar desequilibrios ecológicos entre las poblaciones nativas (cambios en la composición de especies, desplazamiento de especies nativas, pérdida de biodiversidad y otros), y transmitir una gran variedad de enfermedades (UNEP, 1997).

Entre las especies introducidas de manera accidental se pueden citar *Dorosoma cepedianum*, *D. petenense*, *Menidia beryllina* y *Membras martinica* en la presa la Boca, y *Notropis* sp. en la presa R.F. Magón; ejemplos de especies expansivas, altamente competitivas, que desplazan

fácilmente a las especies nativas, son *Gambusia affinis*, *Pomoxis annularis* y *Lepomis gulosus* en la cuenca baja del río Bravo. Existen también especies invasoras, como *Astyanax mexicanus* y *Gambusia hurtadoi*, que aprovechan los cambios en el medio ambiente ya sea utilizando los canales construidos entre ríos y manantiales o aprovechando el aumento de la salinidad o temperatura en el cuerpo de agua, como en el río Bravo, donde debido al aumento en la salinidad el número de especies se ha incrementado de ocho a mediados del siglo XIX, a 75 a finales del siglo XX (Rodríguez, 1976; Edwards y Contreras-Balderas, 1991). Existen también especies endémicas en riesgo que se convierten en plagas cuando son introducidas a otras localidades donde funcionan como exóticas. Tal es el caso de *Poecilia latipunctata* (especie en riesgo del río Tamesí), que junto con *Poecilia mexicana* y *Gambusia regani* fue transferida a la Media Luna, San Luis Potosí, donde las poblaciones de especies endémicas de *Dionda mandibularis*, *Cualac tessellatus* y *Ataeniobius toweri* están consideradas actualmente en riesgo (Contreras-Balderas, 1999).

Por otra parte y desde una perspectiva social, la Subsecretaría de Pesca desarrolló un programa de acuicultura rural cuyo objetivo es atender la demanda alimentaria de las comunidades de escasos recursos dispersas en el país para lo cual introdujo especies de carpas, mojarras y truchas en presas, lagos, bordos temporales y jagüeyes. Desgraciadamente, no se han hecho los estudios necesarios para evaluar el impacto que estas acciones tienen sobre las poblaciones nativas y su posible rehabilitación (http://www.semarnap.gob.mx).

En el país, las especies ícticas invasoras han aumentado de 55 en 1984 (Contreras-Balderas y Escalante, 1984), a 90 en 1997, es decir 61.1%. Entre las causas más importantes de este aumento están la acuicultura con 67 especies (74.4%), la pesca deportiva con nueve (10%), las especies forrajeras con 15 (16.7%), la pesca para fines comerciales (alimento) con 38 (42.2%) y ornamentales con 11 (12.2%), para control de plagas con dos (2.2%), como carnada cinco (5.6%), en intentos de protección de especies tres (3.3%) y de manera accidental 23 (25.6%). Sólo nueve especies (10%) presentan causas múltiples de introducción. De las 90 especies ícticas invasoras, 34 (38%) son nacionales y 56 (62%) son extranjeras. En cuanto a su origen, 33 especies (36.5%) provienen de Estados Unidos, ocho (8.9%) de Asia, seis (6.6%) de África, siete (7.8%) de Centro y Sudamérica y dos (2.2%) de Europa (Contreras-Balderas, 1999).

En lo que se refiere a malezas acuáticas introducidas, como *Hydrilla verticillata* y *Eichhornia crassipes*, las cuales se comportan agresivamente y afectan la composición y estructura de la vegetación acuática original, la Semarnap (1996a) mantiene un programa de control y vigilancia de las superficies afectadas en cuerpos de agua tanto naturales como artificiales.

Durante el último decenio, las investigaciones sobre biotecnología relacionadas con los criaderos y la acuicultura han progresado sustancialmente, sobre todo en lo que se refiere a peces comerciales. Muchas de estas nuevas tecnologías pueden tener efectos positivos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica si se utilizan racional y prudentemente. Sin embargo, pueden ser también una amenaza, ya que la liberación de organismos modificados genéticamente puede conducir a la difusión de genes nuevos en poblaciones silvestres cuyas consecuencias son impredecibles para el ecosistema en cuestión. Un posible resultado sería la reducción de las poblaciones nativas por entrecruzamiento con organismos modificados genéticamente (UNEP, 1997). Otra amenaza grave es la transferencia y difusión de cepas de alto rendimiento obtenidas por hibridización y con problemas de consanguinidad, que pueden desplazar las cepas locales en granjas de cultivo o reducir la diversidad genética de las poblaciones naturales al interaccionar con ellas (Pérez, 1996). Por este motivo, resulta imprescindible evitar nuevas invasiones biológicas, establecer un control eficiente de estas especies en los ecosistemas acuáticos, evaluar los riesgos ecológicos y genéticos de la introducción de especies, y preservar y mantener los parientes silvestres como reservorios valiosos de variación genética.

11. PROBLEMÁTICA POR USO

En el país existen diferencias regionales debidas a las condiciones geográficas y a las características sociales y económicas de sus habitantes. En algunas regiones, la población es principalmente de tipo rural, dedicada a las actividades agropecuarias, mientras que en otras regiones, el grado de urbanización, de industrialización y de diversificación de las actividades económicas es mayor. Estas condiciones determinan diferencias en cuanto al valor que el agua adquiere en cada una de las regiones. Por lo tanto, la problemática nacional de abasto de agua reviste matices diferentes y la solución de la misma se debe planificar atendiendo a estas peculiaridades.

El uso y aprovechamiento del recurso hidráulico dependen principalmente de la disponibilidad y calidad del agua. Por esta razón, es necesaria una planeación que permita integrar y actualizar en forma continua el inventario de la disponibilidad de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, y de sus usos.

El Programa Hidráulico 1995-2000 estima que en 1995 la extracción total de agua para los principales usos (cuadro 11.1) fue de 186.7 km^3, de los cuales 73.5 km^3 se destinaron para usos consuntivos y los restantes 113.2 km^3, para la generación de energía hidroeléctrica, clasificada como no consuntiva ya que sólo se aprovecha su energía potencial (Semarnap, 1996a).

Cuadro 11.1. Extracción y aprovechamiento medio anual de agua por usos en México (Semarnap, 1996a)

Uso	*Extracción* (km^3)	*Aprovechamiento (%)*
Agrícola	61.2	32.8
Doméstico	8.5	4.6
Industrial	2.5	1.3
Acuicultura intensiva	1.3	0.7
Hidroeléctricas	113.2	60.6
Total	**186.7**	**100**

11.1. USO AGRÍCOLA

Las actividades agrícolas, según el Programa Hidráulico 1995-2000, demandan el mayor volumen de agua a nivel nacional y son el mayor consumidor del recurso. Los 20 millones de hectáreas abiertas al cultivo, de los cuales 6.2 millones son de riego y el resto de temporal y temporal tecnificado, explican sólo parcialmente esta situación. El resto se explica por la ineficiente infraestructura de los sistemas de riego y drenaje, por fallas en los equipos de bombeo y en los sistemas electromecánicos de las estructuras de control y mediación del agua, y por falta de modernización de los sistemas de riego.

De la superficie bajo riego, 3.3 millones de hectáreas correponden a 80 distritos de riego y 2.9 millones a más de 30 mil unidades de mediano y pequeño riego. Esta superficie, que representa 30% de la destinada a la agricultura del país, genera 50% de la producción agrícola nacional y 70% de los productos agrícolas de exportación. En general, la productividad por hectárea es baja, un porcentaje considerable de los distritos de riego no es rentable y los precios de sus productos no son competitivos.

De los 61.2 km^3 de agua extraídos para riego, se desperdicia alrededor de 55% por la operación ineficiente y las prácticas inadecuadas en el uso del líquido en parcelas (riego por inundación, problemas de salinización, problemas institucionales y cultivos inapropiados), lo que da co-

mo resultado una eficiencia global (eficiencia media de conducción del agua y eficiencia de aplicación parcelaria) de 45%.

De acuerdo con el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (Cespedes y CMIC, 1998), la disponibilidad de agua en México se usaba como un instrumento para inducir el patrón de cultivos definido por las autoridades en agricultura y se distribuía por ciclos agrícolas y con base en las necesidades de los usuarios. Cuando la disponibilidad era insuficiente para cubrir las necesidades en su totalidad, la asignación se hacía proporcionalmente al área cultivada. En la actualidad, el cobro todavía se hace en función del número de hectáreas sembradas y no de los volúmenes de agua usados, lo que favorece el predominio de cultivos intensivos en agua y el derroche del recurso.

Asimismo, el uso del agua en la agricultura está fuertemente subsidiado y se utiliza con una ineficiencia extrema, lo cual agota los recursos hídricos, provoca importantes consecuencias sobre los suelos (salinización) y constituye una fuente importante de contaminación no puntual o difusa por causa de la aplicación de plaguicidas y fertilizantes. Más aún, los usuarios del agua en los distritos de riego pagan sólo alrededor de 50% de los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura, y no tienen la obligación de asumir costo alguno relacionado con las inversiones. Es decir, los costos de financiamiento de la infraestructura hidráulica que lleva a cabo el Estado no se recuperan debido a que la productividad está por debajo del mínimo indispensable para ello.

Se estima que para el año 2000, de seguir con las tendencias de expansión de los últimos años en los sistemas de riego, la demanda de agua se incrementará en 7 km^3/año, considerando que los patrones de consumo también se mantengan semejantes a los actuales (Semarnap, 1996a). Esto obliga a mejorar y eficientizar el manejo, distribución y uso de este recurso por parte de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y del usuario.

11.2. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La necesidad de satisfacer la demanda de energía eléctrica en el país propició el desarrollo de la industria hidroeléctrica y, por ende, de una tecnología que ha permitido aprovechar un mayor porcentaje del agua natural disponible.

Las centrales termoeléctricas en México generan 80% de la energía producida en el país y las hidroeléctricas el 20% restante, mediante la utilización de 113.2 km^3 de agua. Esta industria demanda fuertes volúmenes de agua, sin embargo no representa un insumo real del recurso, ya que su consumo es mínimo. Las plantas termoeléctricas consumen agua debido a la evaporación que se da durante su enfriamiento; en ellas se presentan problemas de contaminación del líquido con sales acumuladas en los sistemas cerrados de recirculación del agua, descargas de agua con temperaturas elevadas, problemas de sedimentación y cambios drásticos en el volumen del cuerpo de agua, los cuales pueden afectar los ecosistemas acuáticos receptores. En el caso de las centrales hidroeléctricas, los principales problemas se derivan de la incompatibilidad del tiempo de generación del recurso (en horas pico) con los requerimientos de otros usos, como el riego (Semarnap, 1996a).

A pesar de los problemas ambientales relacionados con el uso del agua para la generación de energía eléctrica, el Estado se vio en la necesidad de construir sistemas de grandes presas que por un lado permitieran aprovechar las aguas para la generación de energía, para riego e incluso para fines recreativos y, por el otro, controlar las inundaciones y desecar los humedales que representaban áreas con uso agropecuario potencial. No todos los resultados fueron positivos. Los efectos negativos sobre los suelos provocaron grandes desajustes en el ciclo del agua. Las tierras, al inundarse, se fertilizaban gracias a los aluviones que anualmente bañaban las planicies. Una vez que pasaban sus efectos destructivos, proporcionaban excelentes cosechas para los cam-

pesinos. En los últimos años, ha sido necesario utilizar grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos los cuales han provocado salinización por ascensión de sales del subsuelo; en algunos casos cercanos a la costa, este fenómeno se da por filtración de aguas marinas. Por último, algunas zonas que se inundaban sólo temporalmente, en la actualidad están permanentemente inundadas o completamente secas, lo que también impide su utilización (Sánchez *et al.*, 1989).

Por otra parte, existe una serie de cambios ambientales en los ríos represados y los sistemas acuáticos que se encuentran aguas abajo de la cortina de una presa. A continuación se citan algunos de ellos (Straskraba y Tundisi, 1999):

- Cambios abruptos en el flujo de la corriente superficial proveniente de la presa que afectan la calidad del agua y, por consiguiente, la biota ribereña.
- Cambios en la temperatura del reservorio dependiendo de su tamaño y profundidad.
- Disminución en la cantidad de limo transportado y por lo tanto en la fertilidad para la producción agrícola, forestal y de humedales.
- Los microorganismos asociados a las partículas suspendidas cambian de anaerobios a aerobios y el tamaño de las partículas es menor.
- Aumento en la penetración de la luz.
- Pueden presentarse condiciones anóxicas en reservorios eutroficados donde el desagüe de la presa queda por debajo de la termoclina.
- Los valores de H_2S y CO_2 pueden incrementarse especialmente en reservorios estratificados, eutroficados y con tiempos de retención largos.
- Los valores de pH pueden disminuir.
- La concentración de nitrógeno gaseoso disuelto puede aumentar en reservorios aereados hasta niveles de sobresaturación, ocasionando la muerte de la ictiofauna principalmente.
- La materia orgánica disminuye sobre todo cuando no hay fuentes que la produzcan dentro del reservorio.
- Las concentraciones de fósforo diminuyen en función de los tiempos de retención y del nivel de eutroficación. Bajas concentraciones de fósforo redundan en una baja productividad río abajo.
- Las concentraciones de nitratos normalmente permanecen constantes; cuando existen condiciones reductoras en el reservorio puede haber un ligero decremento de sus concentraciones río abajo.
- Las concentraciones de nitritos pueden incrementarse cuando el reservorio presenta altos niveles tróficos.
- Incremento de la biomasa planctónica.
- En reservorios ligeramente eutroficados la fauna bentónica se incrementa río abajo; sin embargo en reservorios fuertemente eutroficados o con fluctuaciones en el nivel del agua, se presenta un decremento en la poblaciones bentónicas.
- En el caso de la ictiofauna, los reservorios actúan como una barrera en procesos de migración y desove, y reducen los hábitats para su alimentación. Esto provoca empobrecimiento de las poblaciones de peces.
- Deterioro en la calidad del agua y pérdida de áreas con alto valor recreacional.

Deben mencionarse también los problemas ambientales asociados a la construcción de presas, como la destrucción de grandes áreas de selva tropical o bosques con la consiguiente pérdida de biodiversidad, así como problemas sociales y económicos al reubicar los núcleos de poblaciones que se asentaban en esos lugares.

Se estima que para el año 2000, la demanda de agua será de 142 km^3/año para la hidroelectricidad y de 2.89 km^3/año para el enfriamiento de termoeléctricas (Semarnap, 1996a).

11.3. USO INDUSTRIAL

La actividad industrial en el país se concentra en sitios donde el recurso hídrico es escaso, con el fin de aprovechar economías de escala, abundancia de mano de obra y otras ventajas comparativas, lo que ha resultado en la sobrexplotación de los acuíferos, contaminación de ecosistemas, altos costos de disponibilidad del agua y conflictos por el uso y explotación del recurso (Sánchez *et al.*, 1989).

El uso industrial del agua se refiere, de acuerdo con el Programa Hidráulico 1995-2000, al recurso empleado por las industrias que se abastecen directamente de los cuerpos de agua y descargan a cuerpos receptores. El volumen anual de agua suministrado a la industria durante 1994, fuera de zonas urbanas, fue de 2.5 km^3. Este volumen corresponde a las 1 387 empresas consideradas más importantes por el uso y descarga de agua que llevan a cabo (sin considerar las termoeléctricas). El suministro para este uso proviene principalmente del agua subterránea (75%), y el 25% restante, de fuentes superficiales. Del volumen total del agua, 35% se utiliza como materia prima o como medio de producción en distintos procesos, por lo que su calidad es un factor importante.

Las tecnologías utilizadas en la mayoría de los procesos industriales son poco eficientes en el uso del recurso y altamente contaminantes. En las condiciones actuales, el aprovechamiento del agua superficial por la industria es muy difícil ya que, según la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua, 58% está clasificada como contaminada y 21% como fuertemente contaminada (Semarnap, 1996a).

En suma, es evidente que en el país, el aumento en la concentración de industrias en determinadas localidades ha tenido costos muy altos y un efecto negativo sobre el medio ambiente. La CNA estima una demanda de agua para la industria de 2.6 km^3/año (82 m^3/s) para el año 2000. Esto obliga a plantearse un mejor aprovechamiento del recurso, reubicar industrias situadas en zonas críticas o adicionarles sistemas anticontaminantes específicos para cada tipo de efluente y plantas de tratamiento de agua, y mejorar el control de las pérdidas en los sistemas de almacenamiento y distribución.

11.4. USO URBANO

El abastecimiento de agua a las ciudades ha dependido de la aportación de los acuíferos, del almacenamiento y de su conducción en ocasiones a través de grandes distancias y por medio de costosos bombeos, para satisfacer a toda costa las demandas crecientes de la población. Poco se ha hecho por reducir la demanda y el desperdicio, ya sea por negligencia o por falta de una cultura de la conservación del agua (Athié, 1987).

Bajo este rubro se incluye el agua distribuida a través de las redes municipales a hogares, comercios, industrias y a los servicios propios del municipio. Se estima que la extracción total de agua para este uso es de 8.5 km^3/año (270 m^3/s). Existe capacidad instalada para desinfectar 95% del agua que se suministra a la población y aproximadamente 2.2 km^3/año (70 m^3/s) reciben un proceso de potabilización (Semarnap, 1996a).

Con base en información de la CNA y el Consejo Nacional de Población (CONAPO), se estima que de la población urbana del país (65.4 millones de habitantes), sólo 4% carece de agua potable y 14.5% de alcantarillado; en contraste, de la población rural (26.2 millones de habitantes), 47.5% carece de agua potable y 79.1% de servicio de alcantarillado. Más aún, 44% de las localidades rurales con menos de 2 500 habitantes se encuentran en condiciones de pobreza y pobreza extrema y no cuentan con recursos para tener acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento (Semarnap, 1996a).

Como consecuencia de la sobrexplotación y contaminación de los recursos hídricos y de la expansión demográfica, la demanda de agua para uso urbano es cada vez más difícil de satisfacer. Entre los problemas más serios por resolver destacan los relacionados con:

- las pérdidas por fugas de agua debidas al deterioro en la infraestructura de distribución (40% del agua suministrada) y a las tomas clandestinas;
- las tarifas por los servicios son bajas e insuficientes, y los costos de operación y mantenimiento son altos;
- el sistema de medición y facturación es deficiente e inoperante;
- el volumen de agua cobrado es bajo respecto al volumen de agua extraído, y
- los retrasos en el pago del servicio por parte de los usuarios.

La CNA estima que para el año 2000, el país tendrá 99.2 millones de habitantes, de los cuales 70.8 millones estarán concentrados en el medio urbano y 28.4 millones en el medio rural. La demanda total de agua potable será de 9.4 km^3/año (299 m^3/s) y los requerimientos de servicio de alcantarillado serán de 6.3 km^3/año (200 m^3/s).

11.5. ACUICULTURA Y PESQUERÍAS

Los cuerpos de agua nacionales cuentan con una superficie de 3.8 millones de hectáreas, de las cuales 23.7% corresponde a aguas epicontinentales. Esta amplitud territorial permite suponer una gran riqueza biológica que no siempre se traduce directamente en una riqueza pesquera debido a problemas técnicos para la explotación, industrialización, comercialización y consumo de una gran variedad de especies, así como a la falta de continuidad en la administración pública, lo que trae consigo cambios en las políticas y estrategias internas. Se calcula que en aguas epicontinentales el área potencial para acuicultura es de 900 000 hectáreas, de las cuales se utilizan 754 000 con alcances muy limitados, baja rentabilidad, incertidumbre jurídica y problemas de contaminación (Semarnap, 1996b).

La demanda de agua epicontinental para acuicultura intensiva es de 1.3 km^3/año (41.2 m^3/s) en un área de 2 000 hectáreas. Aunque no hay datos cuantificables, en muchos casos el manejo del agua es ineficiente y se desperdicia gran parte de la misma (Cespedes y CMIC, 1998).

Las especies tradicionalmente cultivadas y de mayor importancia económica son: bagre, charal, carpa, mojarra, lobina o trucha y langostino. En los últimos años, el cultivo de peces de ornato se ha incorporado a esta actividad. Durante 1998, la producción acuícola alcanzó 12.9% de la producción total nacional con un volumen de 159 781 toneladas. Entre las especies cultivadas, destacan por su producción para consumo interno la mojarra con 44% y la carpa con 15.4% del total de la producción acuícola (Semarnap, 1999). Existen otros recursos acuícolas explotables además de los peces, como los acociles, los moscos Corixidae y Motonectidae, los gusanos de fango Tubificidae, las ranas, los ajolotes *Ambystoma* spp. y los tules *Typha domingensis* y *T. latifolia* usados en la manufactura de artesanías.

A continuación se describen los casos de pesquerías organizadas del lago de Páztcuaro y la presa Infiernillo, cuyas producciones son de las más importantes en el país.

Pátzcuaro, en Michoacán, es uno de los lagos más importantes de México en los aspectos social, económico y pesquero. Sus aguas, explotadas desde la época precolombina, han producido valiosas especies, únicas en el país y en el mundo, como el pez blanco *Chirostoma estor*, la acúmara *Algansea lacustris*, los charales *Chirostoma grandocule*, *C. patzcuaro*, *C. attenuatum* y *C. humboltianum*, el chorumo *Neophorus diazi*, la chegua *Allophorus robustus*, el tiro *Goodea luitpoldi*, y el achoque *Ambystoma dumerilii*. La pesca, de acuerdo con Orbe y Acevedo (1995), ha sido una ac-

tividad cotidiana entre el pueblo purépecha realizada con gran conocimiento que comprende la manufactura de redes y equipo, la comercialización del producto y su dieta alimentaria.

En el lago, se encuentran especies nativas e introducidas, ambas de importancia comercial y pesquera. Entre las especies introducidas se pueden citar la carpa común, la lobina negra o trucha y las tilapias. Las pesquerías de charal y pescado blanco, 20% y 6% de la producción pesquera total del lago respectivamente, han disminuido considerablemente en cuanto a sus tallas máximas debido a la sobrepesca y a que no se respetan las temporadas de veda. La acúmara es una carpa nativa apreciada regionalmente para consumo, la cual se vende como producto fresco o asado y su hueva se conoce como "caviar tarasco"; esta especie representa 20% de la producción pesquera del país. La carpa común *Cyprinus carpio* que está ampliamente distribuida en el país, representa 22% del total de la producción pesquera. El porcentaje de captura para la lobina o trucha *Micropterus salmoides* ha disminuido considerablemente por sobrepesca: de un promedio anual de 260 toneladas durante el periodo de 1981 a 1990, descendió a 123.2 toneladas en 1991. Le siguen en orden de importancia las pesquerías de mojarra y tilapia *Oreochromis*, la cual fue introducida en 1974 y hoy día forma parte importante de la producción pesquera (Orbe y Acevedo,1995).

Las poblaciones de peces se han visto afectadas de tal manera que la producción registrada a partir de 1981, 737 toneladas, fue en ascenso hasta alcanzar 2 523 toneladas en 1988; a partir de ese año descendió a 973 toneladas, registradas en 1991. Esta variación se debió a varias causas: el aumento paulatino en el número de pescadores, la gran cantidad de redes con tamaños de malla hasta de 20 cm que permiten capturar peces pequeños sin haberse reproducido y la alteración de la calidad y cantidad del agua por aumento de nutrientes, sólidos suspendidos y desechos urbanos, lo que ocasiona el envejecimiento acelerado del lago. Los pescadores están organizados en 28 uniones, una Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera y una agrupación Unión Regional de Pescadores, que utiliza la red chinchorro. Esta situación nos refleja una pesquería artesanal en la que se invierte mucho esfuerzo de captura con bajos rendimientos (Orbe y Acevedo,1995).

Las presas también sostienen pesquerías importantes de especies introducidas. La más sobresaliente es Infiernillo, en el límite entre Michoacán y Guerrero, que en la actualidad es el embalse más productivo del país con casi 20% de la producción total de las aguas interiores. Su producción principal se basa en la explotación de las poblaciones de mojarra o tilapia *Oreochromis* spp., la mojarra nativa *Cichlasoma istlanum* y las carpas plateada *Hypophthalmichthys molitrix*, herbívora *Ctenopharyngodon idella* y común *Cyprinus carpio*, así como del bagre del Balsas *Ictalurus balsanus*. La producción anual promedio (1987-1989) ha llegado a superar 20 000 toneladas, lo que ha permitido el establecimiento de fuentes de empleo para más de 3 000 familias (Juárez, 1995).

Los rendimientos acuícolas en bordos oscilan entre 120 y 150 kg/ha/año al emplear monocultivos y de 400 a 1 500 kg/ha/año con el manejo de policultivos. Estos valores son similares a los obtenidos en China en pequeños lagos y reservorios menores. A pesar de esto, en los pequeños embalses del país no se han optimizado los rendimientos debido a que no existe un sistema controlado de fertilización, lo que se ve reflejado en una productividad baja y en la reducción de los recursos alimenticios (Hernández-Avilés *et al.*, 1995).

La Subsecretaría de Pesca, a través del subprograma de Consolidación y Diversificación de la Acuicultura en aguas continentales, tiene como objetivo consolidar ciertas modalidades de cultivo de especies tradicionales como tilapia, carpa, trucha, bagre, langostino, peces de ornato y rana; así como incorporar nuevas especies, como *Artemia salina*, cangrejo de río, pez blanco, chara y cocodrilo. Asimismo, continúa desarrollando el subprograma de Acuicultura Rural con objeto de atender la demanda alimentaria que generan las comunidades de escasos recursos que se encuentran dispersas en el país (Semarnap, 1996b). La CNA prevé que para el año 2000,

la producción acuícola total crecerá con una tasa anual de 2.7%, lo que demandará mayores superficies de cuerpos de agua salobre y dulce, y volúmenes de agua del orden de 1.5 km^3/año (47.6 m^3/s).

En resumen, se puede decir que el potencial acuícola se ha reducido debido a la contaminación y desecación de los cuerpos de agua epicontinentales y a los efectos de la sobrepesca, como en los lagos de Chapala, Pátzcuaro, Cuitzeo, Zirahuén, Camécuaro, Cajititlán, Zapotlán y Sayula, y los ríos Pánuco, Lerma-Santiago, Coatzacoalcos, Papaloapan, Fuerte y Mayo, entre muchos otros (Semarnap, 1996b). Por otra parte, el desarrollo de la acuicultura favorece la tala y deforestación de bosques tropicales, pérdida de hábitats, remoción de suelos, alteración de la calidad de agua, modificación de la tasas de erosión y depositación, y alteración del microclima y del patrón hidrológico naturales. Basado en lo anterior, resulta imprescindible evaluar los beneficios de la acuicultura en relación a los daños ocasionados al medio ambiente por dicha actividad, así como definir y delimitar los efectos ocasionados por actividades socio-económicas.

11.6. RECREACIÓN Y TURISMO

Este uso se refiere a las actividades de contacto directo e indirecto con el recurso acuático, como el baño recreativo, la natación, el buceo, la pesca y la navegación deportiva, además de actividades de esparcimiento como el descanso y la contemplación del paisaje.

El país cuenta para este uso, de acuerdo con el Programa Hidráulico 1995-2000, con cuerpos de agua epicontinentales como lagos y presas, así como con numerosos ríos, arroyos, manantiales, cenotes y cascadas que constituyen un gran potencial de recursos para fines recreativos y turísticos, por lo que resulta conveniente anticiparse a los procesos de contaminación que puedan surgir por falta de vigilancia y control.

Una forma de protección es el concepto denominado ecoturismo o turismo de bajo impacto, el cual incluye, entre otros aspectos, la conservación del ecosistema, y norma el desarrollo de actividades de recreación y turismo sin sobrexplotar los recursos naturales.

En este sentido, en julio de 1995, la Secretaría de Turismo (Sectur), la Semarnap, la CNA, el Fondo de Fomento al Turismo (Fonatur), el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CNCA), el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y el Instituto Nacional Indigenista (INI), firmaron las bases de colaboración para establecer los mecanismos para promover, en el ámbito de sus respectivas competencias, proyectos de desarrollo sustentable principalmente en áreas naturales potegidas y núcleos de población indígena, con la participación de las comunidades locales (INEGI, 1997). En el cuadro 11.2 se mencionan algunos de los sitios donde se llevan a cabo este tipo de actividades.

Son necesarias medidas enfocadas a prevenir y restaurar el deterioro que pudiera darse en estos sitios debido a su uso o por ecoturismo. Entre las medidas de mitigación existentes, se pueden señalar estudios de impacto ambiental, reforestación con especies nativas de la región, estudios físico-químicos de los cuerpos de agua y manejo de flora y fauna silvestres, entre otras. A pesar de esto, en algunas ocasiones se requieren mayor vigilancia y un control más estricto sobre el número de visitantes que puede soportar el ecosistema.

11.7. NAVEGACIÓN

El uso del agua con fines de navegación ha tenido poco desarrollo en el país, sin embargo, es importante considerarlo debido a que puede afectar la calidad del agua y, por ende, otros usos como la recreación, el turismo y la pesca (Semarnap, 1996a).

Cuadro 11.2. Sitios donde se realizan actividades turísticas de bajo impacto (http://www.mexico-travel.com/estados)

Localidad	*Ambientes acuáticos*	*Usos y actividades*
Río Palizada, Camp.	Río, cascadas y ciénegas	Esquí, natación, pesca deportiva y motonáutica.
Río Champotón, Camp.	Río	Navegación, pesca deportiva y paseos turísticos.
Río Candelaria, Camp.	Río y cascadas	Navegación, pesca deportiva, wind-surf, veleo, paseos turísticos y motonáutica.
Laguna de Términos, Camp.	Ríos, lagos, lagunas y esteros	Navegación, campismo y paseos turísticos.
Laguna Silvituc, Camp.	Lago	Natación y caza.
Grutas de Xtacumbilxunam, Camp.	Río subterráneo	Paseos turísticos.
El Remate, Camp.	Manantial	Natación.
Ejido Hampolol, Camp.	Manantiales y arroyos	Paseos turísticos.
Estero Las Palmas, Chis.	Laguna y esteros	Paseos turísticos.
Ejido Reforma Agraria, Chis.	Ríos	Paseos turísticos y campismo.
Cascada de Misol-ha, Chis.	Río y cascada	Natación.
Cascadas de Agua Azul, Chis.	Río y cascadas	Paseos turísticos y campismo.
Cañón del Sumidero, Chis.	Río, presa y cascadas	Paseos turísticos, alpinismo y motonáutica.
Cañón de la Venta, Chis.	Río	Paseos turísticos, campismo, alpinismo y caza.
Barras y esteros del Soconusco, Chis.	Ríos y esteros	Paseos turísticos, natación, buceo y pesca deportiva.
Lagos de Cristóbal Colón, Chis.	Lagos	Paseos turísticos, campismo y natación.
Lagunas de Montebello, Chis.	Lagos	Paseos turísticos, campismo y natación.
Barranca del Cobre, Chih.	Río	Paseos turísticos y descenso del río Urique en balsa.
Cañón del Peguis, Chih.	Río y aguas termales	Campismo, natación y descenso del río Conchos.
Cascadas de Basaseachic, Chih.	Río y cascadas	Paseos turísticos, campismo y ciclismo de montaña.
Cascada de Cusarare, Chih.	Río	Paseos turísticos y campismo.
Cascada de Piedra Volada, Chih.	Río y arroyos	Paseos turísticos, campismo, exploración y ciclismo de montaña.
Cascadas de Tonachi, Chih.	Río y cascadas	Paseos turísticos.
Grutas de Coyame, Chih.	Río subterráneo y aguas termales	Paseos turísticos, espeleología y natación.
Lago de Arareko, Chih.	Lago, arroyos y aguas termales	Paseos turísticos, ciclismo de montaña y natación.
Cañón de Majalca, Chih.	Ríos	Paseos turísticos, ciclismo de montaña y campismo.

Localidad	*Ambientes acuáticos*	*Usos y actividades*
Valle de Otachique, Chih.	Ríos, arroyos, manatiales y aguas termales	Paseos turísticos, espeleología, rapel y escalada.
Los Amiales, Col.	Manantiales y arroyos	Paseos turísticos y natación.
Laguna La María, Col.	Lago	Paseos turísticos y pesca deportiva.
Laguna de Cuyutlán, Col.	Laguna	Paseos turísticos y natación.
Laguna de Carrizalillos, Col.	Lago	Paseos turísticos.
El Salto, Col.	Cascada, estanques y río	Paseos turísticos y natación.
Agua Fría, Col.	Arroyos, estanques y manantiales	Paseos turísticos, natación y campismo.
Presa de la Amistad, Coah.	Presa	Pesca deportiva, motonaútica y wind-surf.
Salto Velo de Novia, Edo. México	Cascada y ríos	Paseos turísticos y ciclismo de montaña.
Salto de Tzumpantitlán, Edo. de México	Cascada, arroyos y aguas termales	Paseos turísticos y natación.
Salto de Chihuahua, Edo. de México	Cascada, aguas termales, manantiales y río	Paseos turísticos y natación.
Presa Valle de Bravo, Edo. de México	Ríos y presa	Paseos turísticos, veleo, esquí, wind-surf, pesca deportiva, canotaje, motonáutica y triatlón.
Presa Brockman, Edo. de México	Presa	Paseos turísticos, pesca deportiva y ciclismo de montaña.
Parque Sierra Morelos, Edo. de México	Laguna y bordo	Paseos turísticos.
Ixtapan de la Sal, Edo. de México	Lago, ríos y aguas termales	Paseos turísticos y natación.
Grutas de la Estrella, Edo. de México	Río subterráneo y cascadas	Paseos turísticos.
Nevado de Toluca, Edo. de México	Lagos	Paseos turísticos, pesca deportiva, buceo escalada y ciclismo de montaña.
Parque Isla de las aves, Edo. de México	Presa J. Trinidad Fabela	Paseos turísticos, campismo, pesca, veleo y canotaje.
Parque nacional Miguel Hidalgo y Costilla, Edo. de México	Estanquería, bordos y ríos	Paseos turísticos.
Laguna de Coyuca, Gro.	Laguna de agua dulce	Paseos turísticos, esquí, pesca deportiva y motonáutica.
Grutas de Cacahuamilpa, Gro.	Río subterráneo	Paseos turísticos y campismo.
Grutas de Tolantongo, Hgo.	Río subterráneo y cascadas	Paseos turísticos y campismo.
Prismas Basálticos, Hgo.	Río y cascadas	Paseos turísticos y natación.
Balneario Sierra Verde, Hgo.	Manantial	Paseos turísticos y natación.
Lago de Chapala, Jal.	Lago, manatiales, ríos y ciénega	Paseos turísticos, veleo, esquí, remo y pesca.
Balneario Agua Caliente, Jal.	Aguas termales y río	Paseos turísticos y natación.
Lago de Páztcuaro, Mich.	Lago	Paseos turísticos.
Ixtlán de los Hervores, Mich.	Aguas termales y géiser	Paseos turísticos y natación.

Cuadro 11.2. (*continuación*)

Localidad	*Ambientes acuáticos*	*Usos y actividades*
La Tzaráracua, Mich.	Cascada y río	Paseos turísticos.
Los Azufres, Mich.	Aguas termales y géiseres	Paseos turísticos, campismo y natación.
Parque nacional Eduardo Ruíz, Mich.	Río Cupatitzio y arroyos	Paseos turísticos.
Lago Zirahuén, Mich.	Lago	Paseos turísticos.
Presas Pucuato, Sabaneta y Mata de Pinos, Mich.	Presas	Paseos turísticos, campismo, pesca deportiva y regatas.
Lago de Tequesquitengo, Mor.	Lago	Paseos turísticos, buceo, esquí, motonáutica y paracaidismo.
Lagunas de Zempoala, Mor.	Lagos	Paseos turísticos, campismo y pesca deportiva.
Balneario El Texcal, Mor.	Manantiales	Natación.
Balneario Las Estacas, Mor.	Manantiales y río	Paseos turísticos, natación y buceo.
Laguna de San Pedro Lagunillas, Nay.	Lago	Paseos turísticos, campismo y pesca deportiva.
Balneario La Sidra, Nay.	Manantial	Paseos turísticos y natación.
Balneario El Manto, Nay.	Cascada y río	Paseos turísticos, campismo natación y pesca deportiva.
Balneario Amatlán de Cañas, Nay.	Río, arroyos y aguas termales	Paseos turísticos y natación.
La Tovara, Nay.	Manantiales, ríos y canales	Paseos turísticos y natación.
Mexcaltitán, Nay.	Lagunas, esteros y canales	Paseos turísticos y pesca.
Laguna de Tepeltitic, Nay.	Lago	Paseos turísticos y pesca.
Laguna Santa María del Oro, Nay.	Lago y aguas termales	Paseos turísticos, campismo, esquí, natación, pesca deportiva, veleo, motonáutica, buceo y wind-surf.
Cascada Cola de Caballo, N.L.	Cascadas	Paseos turísticos.
Hierve el Agua, Oax.	Manantiales, cascadas y pozas	Paseos turísticos y natación.
Cascada Cola de Caballo, Pue.	Río Atoyac	Paseos turísticos.
Lago Bacalar, Q. Roo	Lago, río y estero	Paseos turísticos, natación y regatas.
Sian Ka'an, Q. Roo	Cenotes	Paseos turísticos, natación y buceo.
Xel-Ha, Q. Roo	Manantiales	Paseos turísticos, natación y snorkel.
Balneario Vado Hondo, Sin.	Cascadas y el arroyo El Sabinal	Paseos turísticos, campismo y natación.
Balneario Los Cascabeles, Sin.	Presa, dique y lago	Paseos turísticos, campismo, pesca deportiva, canotaje, veleo, esquí, navegación, caza y natación.
Balneario de Imala, Sin.	Aguas termales	Paseos turísticos, campismo y natación.
Grutas de México, Sin.	Río subterráneo	Paseos turísticos.
Balenario El Azufre, Tab.	Aguas termales sulfurosas	Paseos turísticos y natación.
Balneario Puyacatengo, Tab.	Río	Paseos turísticos, campismo y natación.
Río Usumacinta, Tab.	Río	Paseos turísticos, natación, pesca deportiva, esquí y maratón náutico.

Localidad	*Ambientes acuáticos*	*Usos y actividades*
Pantanos de Centla, Tab.	Ríos, arroyos, ciénegas, lagos, lagunas y humedales	Paseos turísticos, navegación y pesca.
Río Grijalva, Tab.	Río	Paseos turísticos, navegación, pesca, esquí y natación.
Laguna de Pomposu, Tab.	Lago	Paseos turísticos, campismo y pesca.
Laguna de las Ilusiones, Tab.	Lago	Paseos turísticos.
Grutas de Cocona, Tab.	Río subterráneo	Paseos turísticos y espeleología.
Río Chiltepec, Tab.	Río	Paseos turísticos y natación.
Cascadas La Reforma, Tab.	Cascadas y pozas	Paseos turísticos, campismo y natación.
Laguna del Rosario, Tab.	Laguna	Paseos turísticos, pesca y natación.
Agua selva, Tab.	Cascadas, arroyos y manantiales	Paseos turísticos, campismo, montañismo y natación.
Boca del Cerro, Tab.	Río Usumacinta	Paseos turísticos, descenso de rápidos y pesca.
Cascada de Agua Blanca, Tab.	Cascadas, manantiales, arroyos, pozas y gruta	Paseos turísticos y natación.
Villa Luz, Tab.	Cascadas, pozas, aguas termales sulfurosas y ríos subterráneos	Paseos turísticos y natación.
Presa Plutarco Elías Calles, Son.	Presa	Paseos turísticos, pesca deportiva y esquí.
Laguna Nainari, Son.	Lago	Paseos turísticos.
Balneario Aconchi, Son.	Aguas termales y cascadas	Paseos turísticos y natación.
Laguna de Chairel, Tamps.	Lago	Paseos turísticos, natación, remo, esquí, motonáutica, veleo y pesca deportiva.
Jardín Botánico de Tizatlán, Tlax.	Ríos Zahuapan y de los Negros y lago	Paseos turísticos y natación.
Cascada Salto de Eyipantla, Ver.	Río y cascada	Paseos turísticos.
Laguna de Catemaco, Ver.	Lago	Paseos turísticos, esquí y veleo.
Ría Lagartos, Yuc.	Humedal, río y cenotes	Paseos turísticos.
Ría Celestún, Yuc.	Río, esteros y manantiales	Paseos turísticos y natación.
Grutas de Balankanche, Yuc.	Río subterráneo	Paseos turísticos.
Balneario Paraíso Caxacan, Zac.	Aguas termales, río Juchipila	Paseos turísticos y natación.

Los cuerpos de agua interiores como algunos ríos y estuarios son aprovechados por embarcaciones de pequeño calado para el transporte de productos comerciales y, en menor grado, para recreación o turismo. De acuerdo con el Programa Hidráulico 1995-2000, los principales ríos navegables son algunos tramos del Bravo, el Lerma-Santiago, el Pánuco, el Tuxpan, el Balsas, el Cazones, el Nautla, el Actopan, La Antigua, el Papaloapan, el Coatzacoalcos, el Tonalá, el Grijalva, el Usumacinta y el Hondo.

La navegación afecta la calidad del agua de los ríos por las descargas de residuos líquidos y sólidos, originadas por fugas y por accidentes en la navegación y embarcaderos. En este senti-

do, falta vigilancia para controlar las descargas de contaminantes y para evitar la navegación intensiva en zonas que requieren protección ecológica.

11.8. USO AMBIENTAL

Al considerar al medio natural como usuario del agua se reconoce el papel que desempeñan los cuerpos de agua como sostén de los ecosistemas. El agua es un elemento indispensable para el sustento de los ecosistemas, es necesaria su disponibilidad en cantidad y calidad adecuadas; sin embargo, estos dos factores se ven afectados por la intervención del hombre al reducir caudales, desviar corrientes y verter contaminantes en los cuerpos de agua (Semarnap, 1996a).

La protección del ambiente implica considerar no sólo la calidad intrínseca del agua, sino también la morfología de los reservorios y los intercambios de agua entre los cuerpos de aguas superficiales, los humedales y el agua subterránea. Más aún, el desarrollo sustentable debe considerar aspectos como la conservación de los cuerpos de agua epicontinentales, y la calidad y productividad del suelo, áreas forestales, selvas, desiertos y zonas atractivas para la recreación y el turismo.

En la actualidad, no existen criterios definidos para cuantificar las demandas de agua en los distintos ambientes naturales. Existen normas para evitar la contaminación de cuerpos de agua, pero no para asegurar los volúmenes mínimos que se deben mantener en éstos. Es necesario determinar estos requerimientos para asegurar la sustentabilidad de los ecosistemas.

12. MARCO JURÍDICO

En México, en términos de la ley, tanto la autoridad como la sociedad cuentan con un amplio conjunto de instrumentos de política ambiental para afrontar los problemas y cumplir con los objetivos ambientales. En este sentido, la política hidráulica del país está orientada a garantizar la disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades de una población con una alta tasa de crecimiento demográfico y a impulsar el desarrollo de las actividades económicas de manera compatible con las capacidades ambientales de cada región.

La propiedad de las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, de acuerdo con el artículo 27 constitucional, corresponde originalmente a la nación y por lo tanto, son bienes del dominio público con carácter inalienable, imprescriptible e inembargable, en los términos de la Ley General de Bienes Nacionales. La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales sólo podrá realizarse por los particulares mediante concesiones que otorgue el Ejecutivo Federal de acuerdo con las reglas y condiciones que establece el artículo 28 Constitucional (Semarnap, 1996a). En 1972 se publicó la Ley Federal de Aguas, la cual unifica una gran diversidad de leyes y reglamentos en materia de agua, y al mismo tiempo revela serios problemas relacionados con las prioridades de distribución, derechos de propiedad, transferencia de derechos y títulos de concesión; sin embargo, no toma en cuenta consideraciones de tipo ambiental, de equidad y de sustentabilidad.

12.1. LEY DE AGUAS NACIONALES

En 1992 se promulgó la Ley de Aguas Nacionales, que incorporó cambios sustanciales en comparación con la legislación de 1972. Entre los principales cambios están: la participación de la inversión privada en la construcción y operación de la infraestructura hidráulica; el establecimiento de obligaciones para los usuarios con respecto al pago de derechos por uso de agua y descarga

de aguas residuales; la redistribución de facultades en lo relacionado con la calidad del agua, y la incorporación de elementos innovadores como la creación del Registro Público de Derechos de Agua, donde se registran los títulos y permisos de concesión y asignación así como las operaciones de transferencia y expedición de certificados. Por otro lado, el otorgamiento de permisos y concesiones por parte de la autoridad gubernamental, así como las facultades y responsabilidades de los gobiernos estatales, no parecen estar muy claros. También debe señalarse que a la fecha no existen criterios definidos para cuantificar las demandas y requisitos de agua o por lo menos para garantizar un flujo mínimo de agua para conservar la estabilidad e integridad de los ecosistemas. Es preciso establecer los volúmenes y la calidad del agua necesarios para mantener los cuerpos de agua y garantizar así la sustentabilidad durante la extracción y el aprovechamiento de este líquido (Cespedes y CMIC, 1998).

12.2. LEY FEDERAL DE DERECHOS

La Ley Federal de Derechos reconoce el valor económico del agua y el costo ambiental de la contaminación; establece que los usuarios deben pagar una contribución por el derecho de uso de aguas nacionales y sus bienes inherentes, y por la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores considerando determinadas condiciones de calidad. Estos derechos se actualizan anualmente.

Actualmente, la institución encargada de la administración y custodia de los recursos hídricos del país es la Comisión Nacional del Agua (CNA). Ésta es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) cuyas funciones son: definir las políticas hidráulicas del país; verificar la ejecución del Programa Nacional Hidráulico; definir y poner en práctica mecanismos financieros para apoyar el desarrollo hidráulico y el suministro de servicios de agua; planear, diseñar y construir las obras hidráulicas efectuadas por el gobierno federal; asignar agua a los usuarios, otorgar permisos y licencias correspondientes, y vigilar el cumplimiento de los derechos y obligaciones de los usuarios (Cespedes y CMIC, 1998).

12.3. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente (LGEEPA) establece una serie de criterios para prevenir la contaminación del agua, los cuales se refieren a la importancia ambiental, a la responsabilidad del Estado en la materia, y a la necesidad de tratar las descargas de aguas residuales. Estos criterios deberán ser considerados en la expedición de normas oficiales, en los convenios de entrega de agua en bloque a los usuarios, en la instalación de los sistemas de tratamiento de aguas, en la reglamentación de zonas de veda o de reserva, y en las concesiones, asignaciones, permisos y autorizaciones que deben obtener los usuarios para infiltrar aguas residuales en terrenos o para descargarlas en cuerpos receptores distintos de los alcantarillados. También deberán tomarse en cuenta en las obras hidrológicas en cuencas, cauces y álveos de aguas superficiales y subterráneas, y en la clasificación de cuerpos receptores de aguas residuales de acuerdo con su capacidad de asimilación o dilución y, por lo tanto, en relación a la carga contaminante que éstos pueden recibir.

De acuerdo con la LGEEPA, corresponde a la Semarnap, a través del Instituto Nacional de Ecología (INE), expedir las normas oficiales mexicanas que se requieran para prevenir y controlar la contaminación de las aguas nacionales. Esta tarea está encomendada a los gobiernos de los estados y municipios, así como al del Distrito Federal, los cuales se encargan del control y registro de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado, de la vigilancia de las normas oficiales y de las sanciones a que haya lugar. Asimismo, quedan bajo regula-

ción federal o local las descargas de origen industrial, municipal, las derivadas de actividades agropecuarias, las generadas de actividades de extracción de recursos no renovables, las derivadas de infiltraciones que afecten los acuíferos y los vertimientos de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

En lo relacionado con la protección de los ecosistemas acuáticos y del equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, la LGEEPA establece ciertos criterios de protección, sustentabilidad y conservación. De acuerdo con esta ley, los criterios deberán ser considerados en la formulación e integración del Programa Nacional Hidráulico, así como en el otorgamiento, suspensión o revocación de concesiones, permisos y autorizaciones para el aprovechamiento de recursos naturales o para la realización de actividades que afecten el ciclo hidrológico. Tales criterios también se deben tomar en cuenta en el establecimiento de zonas reglamentadas, de veda o de reserva; en la operación y administración de los sistemas de agua potable y alcantarillado; en las políticas de reuso de aguas; en las políticas y programas para la protección de especies acuáticas endémicas, amenazadas, en peligro o sujetas a protección especial, y en actividades de acuicultura y pesca. Corresponde a la Semarnap, a través del INE y en coordinación con la Secretaría de Salud, expedir las normas oficiales para el establecimiento y manejo de zonas de protección de cuerpos acuáticos, fuentes de abastecimiento y reservas de agua para consumo humano. Cabe mencionar que la Semarnap es la reponsable de controlar los procesos de eutroficación, salinización y contaminación de las aguas nacionales así como de preservar y restaurar los ecosistemas acuáticos junto con los sectores productivos y las comunidades. Finalmente, la Semarnap solicitará la realización de estudios de impacto ambiental previos al otorgamiento de concesiones, permisos y autorizaciones para la realización de actividades pesqueras, en el caso de alguna posible amenaza para las especies o los ecosistemas.

12.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

La expedición de normas es uno de los pilares de la política ecológica y se constituye como un esfuerzo regulatorio para adecuar las actividades económicas a los objetivos sociales de calidad ambiental. En este sentido, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son un instrumento muy poderoso, no sólo por su capacidad de controlar los procesos productivos, sino particularmente, por su capacidad de inducir cambios de conducta e internalizar costos ambientales, lo que las convierte en un mecanismo que promueve cambios tecnológicos y genera un mercado ambiental importante (Quadri, 1998).

En un esfuerzo de simplificación normativa, la CNA y el INE reformularon 44 NOM de calidad de las descargas de aguas residuales en únicamente tres NOM, las cuales establecen la calidad de las descargas por tipo y uso del cuerpo receptor, a diferencia de las 44 NOM anteriores que fijaban requisitos de calidad por tamaño de las poblaciones y por giro industrial. Además, se tiene contemplada la elaboración de NOM derivadas de la Ley de Aguas Nacionales, relacionadas con la construcción, rehabilitación, mantenimiento y cierre de pozos, con la protección y recarga de acuíferos, la seguridad de las presas, el uso y control de cauces federales, el uso eficiente del agua, y el uso de recubrimientos anticorrosivos no tóxicos (Semarnap, 1996a).

En cuanto al control de la contaminación de los recursos naturales, existen cuatro NOM cuya regulación tiene que ver con la mitigación de los efectos adversos en la flora y fauna silvestres, suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal, y en la biodiversidad por cambios en el uso del suelo, así como con la protección de especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial (INE, 1999b).

Para preservar, conservar y restaurar los manglares, la Semarnap expidió la NOM-EM-001-RECNAT-1999, en la cual y de conformidad con lo establecido por la Ley Forestal, sólo se autoriza

el cambio de utilización de las áreas de manglar con base en la opinión previa del Consejo Regional y en estudios técnicos que demuestren que no se compromete la biodiversidad ni se provoca la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación. De acuerdo también con la LGEEPA, la evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Semarnap establece las acciones para regular la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones establecidas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente.

En relación con el abastecimiento de agua para uso y consumo humanos con calidad adecuada para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, la Secretaría de Salud emitió la NOM-127-SSA1-1994. En ésta, se establecen los límites permisibles de calidad del agua en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas, así como los tratamientos de potabilización que se le aplican con el fin de hacerla apta para el consumo.

Con base en lo anterior, la CNA ha instrumentado acciones colaterales para fortalecer el proceso normativo en temas como difusión, aplicación, inspección, cumplimiento, actualización y elaboración de las NOM. También en lo referente a guías, lineamientos, especificaciones y manuales asociados a las mismas y a la creación de infraestructura para la certificación de productos sujetos a ellas.

13. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS DE USO Y AMENAZADAS

De las 110 regiones hidrológicas prioritarias, 75% corresponde a áreas de uso intensivo o extensivo por los diferentes sectores y 68% corresponde a áreas amenazadas (cuadros 2.1 – 2.6 y figuras 13.1 y 13.2). Por región de trabajo, el Altiplano norte presenta el porcentaje más alto (91%) de regiones con un uso intenso y fuertemente amenazadas, seguida por el Pacífico tropical, con 80% (cuadro 13.1).

Cuadro 13.1. Regiones hidrológicas prioritarias de uso por sectores y amenazadas

Región de trabajo	*Total de regiones*		*Uso por sectores*		*Amenazadas*	
	Núm.	*%*	*Núm.*	*%*	*Núm.*	*%*
Noroeste	22	20	16	73	11	50
Pacífico tropical	10	9	8	80	8	80
Altiplano norte	22	20	20	91	20	91
Centro	16	15	12	75	10	63
Golfo de México	13	12	9	69	10	77
Sureste	27	24	17	63	16	59
Totales	**110**	**100**	**82**	**75**	**75**	**68**

La problemática detectada, que se comparte en todo el país, está ligada directamente con actividades antropogénicas cuyos efectos se reflejan en cambios o pérdidas, a veces irreversibles, de la biodiversidad del país. Estos efectos se caracterizan por su alta frecuencia (tasa de cambio), gran magnitud del daño y un aumento de las áreas perturbadas.

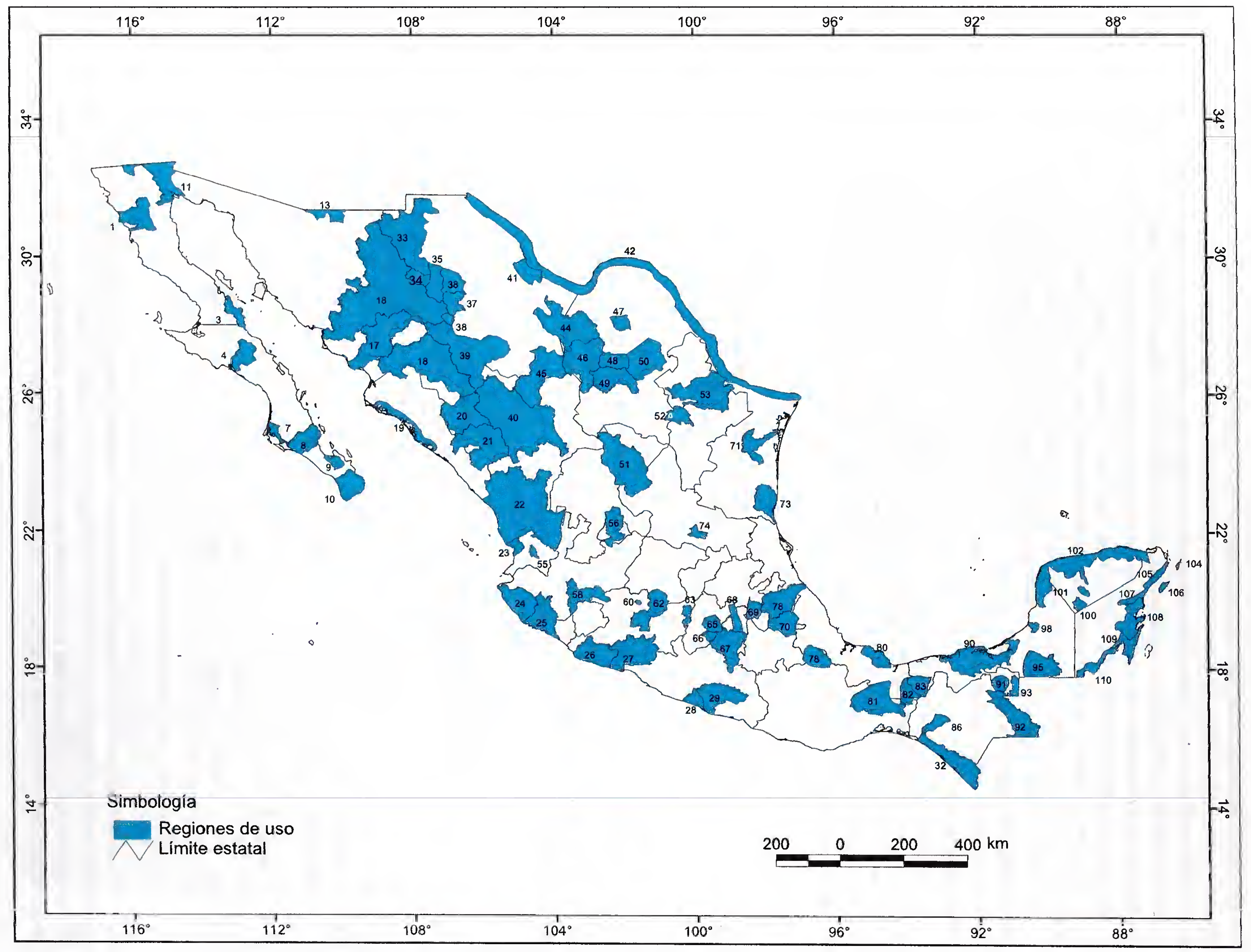


Figura 13.1. Regiones hidrológicas prioritarias de uso por los sectores gubernamental, social, privado y académico (Conabio, 1998b)

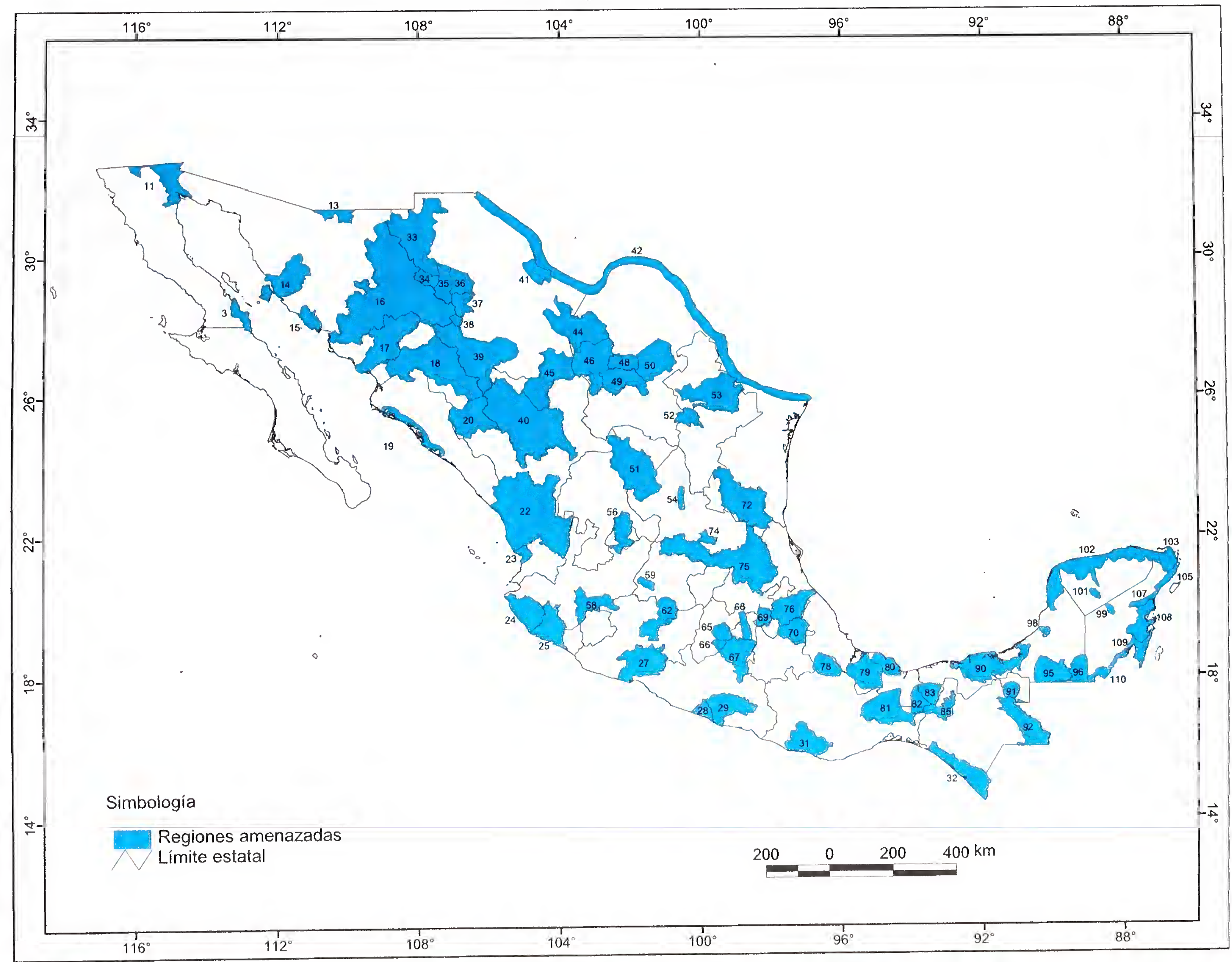


Figura 13.2. Regiones hidrológicas prioritarias amenazadas en su biodiversidad (Conabio, 1998b)

Una de las principales amenazas a los ambientes acuáticos epicontinentales que afecta a todo el país, son las descargas residuales urbanas e industriales que contaminan los cuerpos de agua principalmente con materia orgánica, metales pesados y desechos sólidos. Según datos del Programa Hidráulico 1995-2000, la población urbana del país genera aproximadamente 231 m^3/s de aguas residuales que representan 37% del total de la carga orgánica y de los cuales sólo 7.3% recibe algún tipo de tratamiento. Los grandes centros conurbados de México, Guadalajara y Monterrey contribuyen con 46% de estas descargas, lo que las coloca como las principales aportadoras de aguas residuales urbanas y, por lo tanto, como las causantes de graves problemas de contaminación.

El sector industrial del país genera 64.5 m^3/s de aguas residuales, que representan 10% del total de la carga orgánica, con una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 1.6 millones de toneladas al año. El caudal de aguas residuales tratado es de 5.3 m^3/s, es decir, sólo 8% de lo generado, con una remoción estimada de 0.12 millones de toneladas de DBO (Semarnap, 1996a).

Los principales giros industriales responsables de la mayor descarga de aguas residuales en el país son: azúcar, química, celulosa y papel, petróleo, bebidas, textiles, siderúrgica, y alimentos. La industria azucarera es la principal generadora de aguas residuales: contribuye con 39% del total producido por el sector industrial. Le sigue en importancia el sector químico con 21% y los giros restantes producen un total de 22% (Sedesol, 1993). Algunas de estas industrias están establecidas en zonas de baja disponibilidad de agua, lo que ocasiona sobrexplotación de los acuíferos, contaminación de los ecosistemas y altos costos de disponibilidad del agua.

Las descargas de la industria de alimentos, por la naturaleza de sus procesos, tienen en general proporciones altísimas de DBO, que requieren tratamientos avanzados para su remoción. Otras actividades, como la curtiduría y la galvanoplastía generan descargas con alta proporción de tóxicos y metales pesados difíciles de controlar por la dispersión de generadores (Quadri, 1998).

La tecnología utilizada en los procesos de producción es poco eficiente en el uso del recurso; esto se refleja en una extracción excesiva de agua y en una producción elevada de descargas industriales de muy variados tipos y características, las cuales en su mayoría resultan altamente contaminantes, persistentes y bioacumulables en los cuerpos de agua natural por carecer de tratamiento alguno (Semarnap, 1996a).

La extracción y utilización del agua en nuestro país ha sido creciente y en consecuencia, ha aumentado la descarga de aguas residuales provenientes tanto de las actividades cotidianas de la población, como de los procesos productivos industriales. Esta problemática va acompañada de insuficiencias en el tratamiento de las aguas residuales y del hecho de que cerca de 30 millones de habitantes de localidades urbanas no cuentan con servicio de alcantarillado y 15 millones carecen del servicio de agua potable, de acuerdo con el Programa Hidráulico 1995-2000.

En el caso del tratamiento de las aguas residuales, por una parte, hay un número reducido de plantas de tratamiento y, por la otra, éstas tienen problemas de operación y mantenimiento. Se estima que la población del país genera 1.8 millones de toneladas de DBO, de las cuales únicamente 0.15 millones de toneladas son tratadas adecuadamente antes de ser descargadas al medio natural (Semarnap, 1996a).

Las descargas municipales e industriales tienen consecuencias negativas relevantes sobre la salud pública y la productividad laboral en el país. Dadas las condiciones de deterioro de la calidad del agua, grandes volúmenes requieren tratamientos extensivos para habilitarla como agua potable. La contaminación del agua por materia fecal es la causa principal de la incidencia de enfermedades gastrointestinales en una tercera parte de los estados: el cólera resurgió en México durante 1991, abarcando 17 estados al principio y 25 en los años posteriores. La elevada concentración de coliformes fecales en algunos embalses los inutiliza para usos recreativos (Cespedes y CMIC, 1998).

La agricultura intensiva contribuye con 53% del total de la carga orgánica, principalmente con aguas usadas para riego que contienen concentraciones elevadas de químicos, plaguicidas, metales pesados y fertilizantes, que causan problemas graves de contaminación en los cuerpos de agua receptores, así como problemas de erosión e hiperfertilización de los suelos. Actualmente, se generan alrededor de 337 m^3/s de aguas contaminadas, mismos que son descargados a cuerpos de agua y una importante proporción de ellos al mar. Las aguas de retorno agrícola no reciben tratamiento alguno, en gran parte por su carácter difuso o no puntual (Semarnap, 1996a).

Un caso preocupante es la región noroeste del país, donde se llevaron a cabo grandes obras de irrigación para incrementar la superficie cultivada. Las aguas de retorno generadas por esta actividad tienen como destino último el mar de Cortés y sus lagunas costeras, que actúan como un inmenso receptor de agroquímicos. Los plaguicidas organoclorados y policlorados como el heptacloro, dieldrín, aldrín y clordano, reportan niveles críticos en aguas abiertas del mar de Cortés (columna de agua, sedimentos y organismos), en la desembocadura del río Colorado, en la costa de Sonora y en el norte de Sinaloa. La mayoría de estos compuestos se caracteriza por su persistencia, toxicidad y acumulación en la cadena trófica y se encuentran en concentraciones significativas en moluscos, crustáceos, peces, aves y mamíferos. La presencia de tóxicos en los sedimentos puede ser un riesgo permanente para el ser humano al ingerir organismos bentónicos filtradores como las almejas, los mejillones y los ostiones. Además, se vierten enormes cantidades de fertilizantes (urea, fosfatos y nitratos) que desencadenan fuertes procesos de eutroficación los cuales afectan directamente los ecosistemas costeros de la región y las especies de importancia comercial (Cespedes y CMIC, 1998).

La contaminación asociada a actividades forestales está dada básicamente por la presencia de materia orgánica, nutrientes, sedimentos suspendidos y sustancias tóxicas, y por el incremento en la temperatura del agua en las márgenes de los ríos (Semarnap, 1996a).

Otra de las grandes amenazas que enfrentan los ambientes acuáticos es la sobrexplotación del recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo. El deterioro de los almacenamientos naturales aunado a la disponiblidad heterogénea del agua en nuestro país, así como la demanda creciente de agua para uso industrial y agrícola, y la expansión demográfica están provocando que muchos cuerpos de agua desaparezcan, con la consiguiente pérdida y fragmentación de los ecosistemas acuáticos. También, los mantos freáticos no alcanzan a recargarse hasta sus niveles normales, lo cual ha resultado en una contaminación por extracción de aguas fósiles e intrusión salina. Asimismo, el drenaje de humedales resulta en la pérdida del ecosistema entero o bien, en la reducción del tamaño del sistema y su fragmentación en pequeñas unidades, así como en la alteración y pérdida de la flora y fauna del mismo. La pérdida de humedales, particularmente a lo largo de los sistemas fluviales, también resulta en la destrucción de corredores naturales para aves migratorias y mamíferos.

En el norte del país, la pérdida de los recursos hídricos se ha acelerado en los últimos 20 años. Según Contreras-Balderas y Lozano-Vilano (1994a), en Nuevo León se han perdido 20 pozos; en el valle de Saltillo, Coahuila, más de 15; en los bolsones de Viesca y Parras más de 10 en cada uno; en Durango 20; en Chihuahua cinco, y en San Luis Potosí 12 (Contreras-Balderas y Almada-Villela, 1991). Otro hecho relevante es la disminución de los caudales en las cuencas baja del río del Carmen y media del río Bravo en Chihuahua; en el río Nazas, bolsón de Mayrán, río Aguanaval y bolsón de Viesca en Durango y Coahuila; en el río de Nadadores en Coahuila; en el río Salinas en Coahuila y Nuevo León; en los ríos Sabinas y Santa Catarina en Nuevo León, y en el río Ahualulco en la región Venado-Moctezuma en San Luis Potosí. Todos estos ríos se han secado o vuelto intermitentes u ocasionales (Contreras-Balderas y Lozano-Vilano, 1994a). Otro indicador de la pérdida de agua es la disminución del nivel del agua subterránea, el cual en Monterrey, Nuevo León, alcanza los 200 m de profundidad, en la Comarca Lagunera se encuentra a 80 m y en Sandía el Grande, Nuevo León, entre 2 y 10 m.

Actualmente, las regiones Noroeste, Altiplano norte y centro presentan problemas graves de disponibilidad y calidad del agua. Para atender la demanda en los próximos años se necesitará la instrumentación de medidas de ahorro y uso eficaz del agua por parte de los usuarios, el tratamiento y reuso de aguas residuales tanto domésticas como industriales, un mayor control y monitoreo de la calidad de las descargas industriales a los cuerpos receptores, y una mayor eficacia en los sistemas de captación, conducción y distribución de las aguas para riego, así como la aplicación de tecnologías apropiadas para el riego y el reuso de las aguas agrícolas.

Ante este panorama, se torna cada vez más urgente la búsqueda de opciones inteligentes y efectivas en la obtención y abastecimiento de agua sin afectar el ambiente natural como hasta ahora se ha hecho, así como implementar prácticas de ahorro y reuso del agua.

Otros problemas que inciden sobre los cuerpos de agua de todo el país son la introducción de especies exóticas y la proliferación de malezas. La introducción de especies de carpa, mojarra, tilapia y trucha para atender la demanda alimentaria de comunidades de escasos recursos fue hecha, desgraciadamente, sin evaluar el impacto de estas acciones sobre las poblaciones de especies nativas las cuales se han visto afectadas y disminuidas. Por otra parte, el fenómeno de eutroficación, originado por los enormes volúmenes de material orgánico y fertilizantes que se descargan directamente en ríos y embalses, afecta ya porciones considerables de los cuerpos de agua y favorece la proliferación de malezas acuáticas que hoy día abarcan 680 km^2 de lagos, 10 000 km de canales y 14 000 km de desagües de aguas residuales. Los efectos negativos se traducen en: presencia de mosquitos vectores de enfermedades; evaporación innecesaria de enormes volúmenes de agua; impedimento del flujo de canales y ríos; entorpecimiento del funcionamiento de obras hidroeléctricas y de irrigación; interferencia en el movimiento de botes con fines de recreación, transporte y pesca; limitantes para pesca comercial; devaluación de las propiedades ubicadas frente a los embalses, y producción de azolvamientos por las raíces y otros materiales que se desprenden, lo que acorta la vida de los lagos y embalses (Cespedes y CMIC, 1998).

Los cambios en el patrón del uso del suelo y del agua para actividades agrícolas y ganaderas alteran de manera directa e indirecta la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos. Los efectos directos de estos cambios se ven reflejados en los procesos de degradación, fragmentación y destrucción de los hábitats acuáticos, así como en la sobrexplotación y agotamiento del recurso hídrico. Los indirectos se manifiestan mediante cambios en el clima local y el balance de radiación, disminuyendo la humedad relativa y aumentando la tasa de evapotranspiración.

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con Ezcurra (1993), el desarrollo moderno de la agricultura intensiva bajo riego, sobre todo en las regiones áridas y semiáridas del país, es fuertemente demandante sobre los recursos naturales —en especial sobre el agua y el suelo— y es el resultado de una fuerte demanda económica que carece totalmente de una racionalidad sobre el manejo sustentable de los recursos. Muchas de las regiones de agricultura bajo riego basan su producción en la obtención de recursos hídricos por bombeo de pozos profundos con un criterio no renovable. Muchos de los planes de desarrollo de los distritos de riego han sido hechos sin evaluaciones adecuadas de la capacidad de recarga de los acuíferos locales y de los almacenamientos artificiales, así como de las necesidades hídricas para una producción sostenida y a largo plazo. Así, el agotamiento de los acuíferos, la salinización de los suelos y la contaminación de los ríos y lagos aparecen como los principales costos ambientales del desarrollo de las áreas de riego en México y ponen en duda la sustentabilidad del sistema en el futuro.

En México, la ganadería se ha desarrollado sobre la base de un modelo que se caracteriza por ocupar terrenos no aptos para esta actividad, por lo que se requieren grandes extensiones para su productividad. Usualmente, esta actividad está asociada a un solo tipo de ganado que tiene preferencias alimenticias por ciertas especies vegetales (Toledo *et al.*, 1985). El uso inadecuado del suelo se manifiesta en el bajísimo índice de agostadero real que caracteriza a la región (7 ha

por cabeza de ganado), el cual se ha mantenido prácticamente estático en los últimos 30 años (Sánchez *et al.*, 1989).

En las regiones áridas y semiáridas, el impacto de esta actividad se agudiza por el sobrepastoreo que modifica la estructura de los suelos al comprimirlos; reduce también su permeabilidad y aumenta la escorrentía, lo que hace que las aguas los laven con mayor facilidad (Toledo *et al.*, 1985). El deterioro ambiental en estas zonas se debe principalmente a un manejo inadecuado de los ecosistemas locales en relación con las actividades agropecuarias y a que las decisiones políticas y económicas no siempre van de acuerdo con criterios naturales, sino que se orientan hacia una modalidad de desarrollo acorde con los mercados nacional e internacional (Sánchez *et al.*, 1989).

En el trópico húmedo también se introdujo la ganadería a pesar de que las labores pecuarias tienen rendimientos bajísimos: el índice de agostadero es inferior al de la región templada, la tasa de reproducción, la mitad de la de la zona templada y la tasa de mortalidad es superior. La ganadería es responsable de la destrucción de 590 mil hectáreas de bosque y selva por año y sólo produce nueve kilos de carne por hectárea al año (González, 1988). La conversión de vegetación original en pastizales, aunada a las intensas precipitaciones que allí ocurren, acelera de manera grave la pérdida de suelos y de hábitat con costos ambientales muy altos.

El resultado de estas transformaciones productivas es, generalmente, un complejo proceso de degradación ecológica en todo el territorio nacional con la consiguiente generación de fuertes perturbaciones sobre el ciclo hidrológico, como una disminución considerable de la capacidad de infiltración hídrica de los suelos, una mayor escorrentía superficial después de las lluvias, pérdida de la cubierta vegetal, que afecta de manera severa la capacidad de las cuencas locales para regular la intercepción del agua, y una menor infiltración al subsuelo. Así, la capacidad erosiva de las lluvias aumenta y la recarga de los acuíferos se deteriora (Ezcurra, 1993).

Otro de los efectos de las actividades extractivas mal planeadas, que ocurren sobre todo en las zonas templadas del país, es la tala inmoderada de los bosques. Ésta propicia un aumento en los flujos de materiales en el ecosistema, con el consiguiente incremento de pérdida de nutrientes, erosión de la cuenca, cambios en los procesos hidrológicos, inundaciones, fragmentación y pérdida del hábitat.

El conjunto de áreas boscosas ocupa en la actualidad menos de 34 millones de hectáreas, lo que significa menos de la quinta parte del territorio mexicano (INE, 1999c). El proceso de deforestación más importante se localiza en la región Centro (3.5% del territorio nacional) debido principalmente a procesos de urbanización e industrialización, los cuales responden a una modalidad de desarrollo económico y a políticas de explotación de los recursos naturales que no toman en consideración la vocación y capacidad de regeneración de la naturaleza. (Sánchez *et al.*, 1989).

No menos grave es la situación que se da en el trópico húmedo. Abarca 14.6% del territorio nacional y originalmente estaba ocupado, en su mayor parte, por selva alta perennifolia cuya extensión era de 15 millones de hectáreas. En la actualidad, queda menos de 5% de la selva original en todo el país (Toledo *et al.*, 1985). La explotación de los bosques tropicales se limitó, durante varias décadas, a la extracción de maderas preciosas de valor comercial. De esta manera, grandes extensiones de selva virgen fueron destruidas y con el tiempo, otras especies comenzaron a ser explotadas, pero siempre de manera continua y selectiva. Este fenómeno responde a intereses económicos y comerciales y a necesidades de consumo creadas en otros países. De acuerdo con las cifras oficiales, se sobrexplotan en la región más de 148 especies vegetales no maderables, mientras que 704, potencialmente utilizables, se desaprovechan (Sedue, 1986). Existe una gran variedad de productos forestales menores como aceites esenciales y comestibles, ceras, alcoholes, bambúes, colorantes, pesticidas y especias, así como hormonas, alcaloides y otras drogas naturales útiles para la industria farmacéutica. A diferencia de la explotación maderera,

la explotación de estos recursos menores provoca una mínima alteración de los ecosistemas y tiene un alto valor comercial (Myers, 1983).

El trópico seco, que ocupa 13% del área total del país, comprende los bosques tropicales caducifolio y subcaducifolio, así como matorrales al pie de las montañas. Estos bosques representan un recurso potencialmente explotable constituido por especies maderables y no maderables. De acuerdo con las cifras oficiales, existen 349 especies no maderables potencialmente utilizables para otros fines, de las cuales 134 han sufrido sobrexplotación. Cabe señalar que en esta región se da el mismo patrón que en los bosques templados y tropicales. Esto se constata con el hecho de que 42% del área de la costa del Pacífico presenta un proceso acelerado de erosión producido fundamentalmente a consecuencia de la tala inmoderada (Sedue, 1986).

Se calcula que la tasa de deforestación actual es de 100 000 ha/año, cuyos múltiples efectos negativos van más allá de la pérdida de una enorme cantidad de especies de flora y fauna silvestres y de cambios permanentes en la composición de las especies. Estos efectos son las inundaciones y sequías que suceden a las deforestaciones masivas, la disminución de la capacidad de infiltración del agua en el subsuelo, el aumento de las corrientes superficiales y la erosión de la cuenca; todo ello provoca cambios en las tasas de evapotranspiración y por lo tanto afecta la humedad del ecosistema (Sánchez *et al.*, 1989).

Las problemáticas productiva y ecológica del sector forestal están asociadas a la indefinición de la propiedad y a imprecisiones jurídicas sobre los derechos de su utilización, así como a la sobrexplotación de los recursos forestales por parte de empresas madereras que no han cumplido con su responsabilidad en la renovación de los mismos. El cultivo forestal a través de plantaciones es aún de muy poca importancia (INE, 1999c).

La erosión acelerada de los suelos es otra de las consecuencias directas de la transformación de los ecosistemas naturales y es uno de los factores más importantes de degradación ambiental de los ecosistemas acuáticos. La mayoría del sedimento producto de la erosión es acarreado y depositado en los cuerpos de agua, alterando así la calidad de la misma, la morfología del cauce y los hábitats acuáticos.

De un total de 195.8 millones de hectáreas, 154 millones padecen algún grado de erosión, y de éstas, 19.5% de los suelos se encuentran totalmente erosionados. Entre las causas más importantes de erosión se pueden señalar la tala inmoderada de bosques, los incendios, la agricultura de temporal y de riego, la ganadería, la salinización de suelos y la sobrexplotación de mantos freáticos, corrientes superficiales y cuerpos de agua.

Por lo anterior, resulta urgente implementar medidas para evitar actividades que aumenten la susceptibilidad del suelo a la erosión o uso inapropiado del mismo, ya que es la manera más económica y efectiva de combatir su erosión, mantener la productividad de la cuenca y evitar la degradación ambiental de los ecosistemas y cuerpos acuáticos.

Por otra parte, la construcción de obras hidráulicas para el control de avenidas y generación de energía eléctrica, así como para satisfacer las demandas de actividades agrícolas, ganaderas, industriales y de consumo urbano, es otra de las grandes amenazas identificadas. La construcción de presas, canales, represas, abrevaderos y modificaciones a la hidrodinámica local impactan de diversas formas los cuerpos de agua y los ecosistemas acuáticos: actúan como barreras en los procesos de migración y desove y reducen los hábitats para alimentación y crecimiento, producen cambios abruptos en el flujo de la corriente superficial proveniente de los almacenamientos artificiales con consecuencias en la calidad del agua y pérdida de fertilidad en las zonas inundables utilizadas para la agricultura, producen problemas de contaminación y eutroficación, así como cambios en el patrón hidrológico y una reducción de los volúmenes mínimos para el mantenimiento de ambientes acuáticos. En su construcción, se destruyen grandes áreas de selva tropical o bosque con las consiguientes pérdida de biodiversidad y erosión de la cuenca, aunadas a problemas de tipo social y económico.

La sobrexplotación de los recursos naturales, sobre todo las pesquerías, es otra amenaza para la biodiversidad acuática. En este sentido, destaca el hecho de que no exista algún tipo de control o regulación en cuanto al manejo de éstas en sistemas epicontinentales. En muchos cuerpos de agua artificiales, la pesca es sólo un complemento para la economía familiar, por lo que los campesinos no tienen un conocimiento tradicional suficiente del ecosistema acuático; además, se utilizan artes de pesca no adecuadas o prohibidas, se capturan tallas no comerciales impidiendo que las especies alcancen su edad reproductiva y las pocas vedas establecidas no se respetan.

Bajo estas circunstancias, la presión sobre el recurso es muy grande y en algunas ocasiones el descenso de las poblaciones puede conducir a la extinción de las especies. Se requiere un conocimiento más amplio de los ecosistemas acuáticos epicontinentales para definir un manejo integral, múltiple y sustentable de sus recursos.

En nuestro país, la contaminación por actividades mineras representa también una amenaza; la capacidad de contaminación abarca tanto suelos como cuerpos de agua superficiales y subterráneos y regiones alejadas contaminadas a través del viento o por escurrimientos en épocas de lluvias (Díaz-Barriga *et al.*, 1998). En el cuadro 13.2 se muestran los principales minerales y metales explotados por región de trabajo.

Cuadro 13.2. Principales minerales y metales explotados (Coll-Hurtado y Sánchez-Salazar, 1990)

Región de trabajo	*Tipos de mineral y metal*
Noroeste	Minerales no metálicos (sal, yeso, fosforita), metales industriales (cobre, plomo, zinc), metal precioso (plata)
Pacífico tropical	Metal industrial (zinc), mineral siderúrgico (hierro), metal precioso (plata)
Altiplano norte	Minerales no metálicos (yeso, fosforita, fluorita), metales industriales (cobre, plomo, zinc), mineral siderúrgico (carbón), metal precioso (plata)
Centro	Metales industriales (cobre, plomo, zinc), metal precioso (plata), mineral siderúrgico (manganeso), mineral no metálico (fosforita)
Golfo de México	Minerales no metálicos (sal, dolomita, manganeso, azufre), metales industriales (cobre, zinc), metal precioso (plata)
Sureste	Mineral no metálico (sal)

Por otra parte, la "contaminación" de origen natural es otro de los problemas graves que afectan principalmente a los acuíferos. Este problema ambiental se presenta en la Comarca Lagunera con la contaminación de varios pozos con arsénico en las regiones Centro y Noroeste, y con flúor en el Altiplano norte del país (Díaz-Barriga *et al.*, 1998).

Debido a lo anterior, resulta indispensable implementar programas de monitoreo para evaluar el grado de toxicidad del agua de los reservorios ubicados en zonas con actividad minera y en sitios identificados con contaminantes naturales para prevenir posibles daños a la salud de plantas, animales e inclusive el hombre.

Por último, la degradación ambiental producida por el crecimiento poblacional, a pesar de no ser el único factor responsable de los problemas ambientales, surge como una crisis de sustentabilidad ecológica, marcada por la sobrexplotación y la contaminación de los recursos y servicios de la naturaleza (Leff, 1998). Los núcleos poblacionales importantes sobrepasan la capacidad de la naturaleza para regenerar, reciclar desechos y renovar recursos. Así, el problema radica en el modelo de productividad tecnológica, en los diseños urbanos, en la ubicación de las ciudades e industrias y en el emplazamiento de actividades agrícolas y ganaderas en lugares que no se prestan para estas actividades. En otras palabras, es la modalidad de desarrollo la que produ-

ce, por una parte, los crecimientos desmesurados de la poblaciones y las migraciones provenientes del campo y, por otra, los deterioros del medio ambiente y los recursos naturales (UNEP, 1995).

Bajo estas circunstancias, el manejo sustentable del agua se torna una tarea difícil ante problemas de crecimiento poblacional aunados al incremento de la pobreza, ignorancia y urbanización, a factores socioeconómicos que obligan a posponer políticas de conservación ambiental y de protección social, a la falta de conocimiento público e institucional de los riesgos asociados al uso no sostenido de los recursos hídricos, y a un manejo fragmentado y descoordinado del recurso por parte de las diferentes instancias gubernamentales.

Todas estas perturbaciones inducidas por el hombre tienen como resultado la reducción de especies y de diversidad genética, que a su vez afecta el funcionamiento de los ecosistemas. El impacto del hombre y de las poblaciones humanas en la degradación de su hábitat resulta ser un tema cuyo análisis es ineludible y que debe ser tomado en cuenta no sólo por científicos, sino por políticos, tomadores de decisiones en todos los ámbitos de la actividad humana y toda la sociedad. Sólo un enfoque integral que considere los aspectos mencionados, un marco institucional con fuerte respaldo legal y un apoyo multidisciplinario en términos de recursos humanos podrán permitir un uso adecuado de los recursos acuáticos epicontinentales y una mejor relación hombre-naturaleza.

SECCIÓN 4
FALTA DE INFORMACIÓN

14. CONOCIMIENTO ACTUAL

El manejo efectivo y la conservación de la biodiversidad y de los ecosistemas acuáticos, sólo pueden alcanzarse si las decisiones se basan en información científica. Las causas principales de la pérdida de la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos se deben a la degradación ambiental y al mal manejo de los recursos naturales. Para evitarlo o minimizar riesgos, se torna necesario documentar, evaluar y monitorear la biodiversidad acuática a través de inventarios biológicos y del conocimiento de las poblaciones y de los ecosistemas.

En la actualidad, el desarrollo de la limnología está encaminado al entendimiento de los ecosistemas epicontinentales y sus recursos, así como al desarrollo de alternativas de manejo y mitigación en situaciones o escenarios de contingencia ambiental. Sin embargo, dada la situación crítica del país en cuanto sus recursos hidrológicos, se tornan prioridades de la investigación limnológica el inventario y monitoreo de los ecosistemas, comunidades, especies, poblaciones y genes; la restauración y rehabilitación ecológica de los sistemas acuáticos y la preservación de su biodiversidad; la revalorización de los bienes y servicios que estos ecosistemas brindan a la sociedad; el manejo predictivo de los ecosistemas y de sus efectos al modificar los patrones de flujo hidrológico, y por último, la resolución de problemas futuros. Para ello, se requieren una infraestructura científica mayor, programas de monitoreo a largo plazo, programas de cooperación interdisciplinaria y de colaboración entre las instituciones académicas y los sectores gubernamental, privado y social y, finalmente, contar con un presupuesto mayor (Alcocer, 1998).

El conocimiento de los sistemas acuáticos se ha centrado básicamente en el aspecto descriptivo de los factores ambientales y en listas de especies de los grupos biológicos principales. Los grupos biológicos más estudiados son los peces, las plantas acuáticas, las aves acuáticas y, en menor grado, los anfibios, crustáceos y moluscos. Quedan, sin embargo, un gran número de *taxa* por estudiar, particularmente los grupos de invertebrados y algas. Se desconocen, también, la dinámica poblacional de las especies, sus interacciones y sus funciones en el ecosistema.

Además de las dependencias gubernamentales (Comisión Nacional del Agua, Instituto Nacional de Ecología, Instituto Nacional de la Pesca, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Secretaría de Marina, gobiernos de los Estados, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y otras), existe una gran cantidad de instituciones y grupos de trabajo que realizan investigación sobre la biodiversidad acuática y las aguas superficiales y subterráneas en nuestro país. A continuación se enlistan algunas de las instituciones por región de trabajo.

Noroeste:

- Bioconservación, A.C.
- Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE).
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD).
- Centro Ecológico de Sonora.
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR).
- Centro Intercultural de Estudios de Desiertos y Océnaos, A.C. (CEDO).

- Centro Interdisciplanario de Ciencias Marinas del IPN (CICIMAR).
- Centro Regional de Investigaciones Pesqueras-La Paz, Guaymas y Mazatlán (CRIP).
- Centro Regional Universitario del Noroeste de la UACH (CRUNO).
- Conservation International México, A.C. (CIMEX).
- Instituto de Biología, UNAM (IB-UNAM).
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM–D.F. y Mazatlán (ICMyL-UNAM).
- Instituto de Ecología, UNAM (IE-UNAM).
- Instituto del Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (IMADES).
- Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey–Guaymas (ITESM).
- Pronatura.
- Universidad Autónoma de Baja California (UABC).
- Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS).
- Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
- Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).
- Universidad de Occidente.
- Universidad de Sonora (UNISON).
- Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED).
- Wetlands International (WI).
- Universidad de California en las regiones prioritarias de San Pedro Mártir, sierra del Novillo–La Paz y delta del río Colorado.
- Universidad de Arizona en las regiones prioritarias de las subcuencas de los ríos San Pedro y Sta. Cruz, cuenca alta del río San Lorenzo–minas de Piaxtla y río Baluarte–Marismas Nacionales.
- Prescott College en la región prioritaria de Isla Tiburón–río Bacoachi.

Pacífico tropical:

- Bioconservación, A.C.
- Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE).
- Centro Interdisciplinario de Desarrollo Integral Regional del IPN (CIIDIR).
- Centro Regional de Investigaciones Pesqueras–Manzanillo, Pátzcuaro, Salina Cruz (CRIP).
- Comisión del Balsas.
- Facultad de Ciencias, UNAM (FC-UNAM).
- Fundación Cuixmala.
- Instituto de Biología, UNAM y la Estación Biológica de Chamela de la UNAM (IB-UNAM).
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM–D.F. y Mazatlán (ICMyL-UNAM).
- Instituto de Ecología, UNAM (IE-UNAM).
- Instituto de Ecología Aplicada de Guerrero, A.C.
- Instituto de Historia Natural (IHN).
- Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (IMECBIO).
- Instituto Nacional Indigenista (INI).
- Instituto Tecnológico de Chilpancingo.
- Instituto Tecnológico de Oaxaca.
- Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO).
- Universidad Autónoma de Chiapas (UACH).
- Universidad Autónoma de Guerrero (UAG).
- Universidad Autónoma de Nayarit (UAN).
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

- Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).
- Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I)
- Universidad de Guadalajara (UG).
- Universidad del Mar (UMAR).
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
- Universidad de California-Riverside en la región prioritaria Cajón de Peñas-Chamela.

Altiplano norte:

- Bioconservación, A.C.
- Centro de Estudios de Zonas Áridas.
- Colegio de la Frontera Norte (COLEF).
- Colegio de Postgraduados-San Luis Potosí (CP).
- Ducks Unlimited de México, A.C. (DUMAC).
- Instituto de Ecología, A.C. (IE).
- Instituto de Ecología y Alimentos de la UAT (IEA).
- Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas de la UASLP (IIZD).
- Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).
- Protección de la Fauna Mexicana, A.C. (Profauna).
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).
- Universidad Autónoma de Cd. Juárez (UACJ).
- Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH).
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
- Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED).
- Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la UACH en Durango (URUZA).
- Universidad de Texas (Austin), en la región de Cuatro Ciénegas.

Centro:

- Agrupación Sierra Madre, S.C. (ASM).
- Bioconservación, A.C.
- Centro de Estudios Faunísticos y Ecológicos del Sud-Occidente de México, A.C. (CEFESOMAC).
- Centro de Estudios Sociales y Ecológicos, A.C. (CESE).
- Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del IPN (CIIDIR).
- Centro Regional de Investigación Pesquera-Pátzcuaro (CRIP).
- Colegio de Jalisco.
- Colegio de Michoacán.
- Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN (ENCB).
- Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala, UNAM (ENEP-I).
- Facultad de Ciencias, UNAM (FC-UNAM).
- Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, UNAM (FES-Z).
- Fundación Mexicana para la Educación Ambiental, A.C. (FUNDEA).
- Instituto de Biología, UNAM (IB-UNAM).
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM-D.F. (ICMyL-UNAM).
- Instituto de Ecología, UNAM-Morelia y D.F. (IE-UNAM).
- Instituto de Geofísica, UNAM (IG-UNAM).
- Instituto de Ingeniería, UNAM (II-UNAM).
- Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad de la UdeG (IMECBIO).

- Sociedad Audubon de México, A.C.
- Tecnológicos Pesqueros.
- Unidos para la Conservación, A.C. (UPC).
- Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA).
- Universidad Autónoma de Nayarit (UAN).
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
- Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).
- Universidad de Guadalajara (UdeG).
- Universidad del Bajío.
- Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).
- Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I) y Xochimilco (UAM-X).
- Universidad Iberoamericana de León, Gto.
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH).
- Universidad Tecnológica de León, Gto.

Golfo de México:

- Bioconservación, A.C.
- Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Rural Oaxaca (CIIDIR).
- Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala, UNAM (ENEP-I).
- Facultad de Ciencias, UNAM (FC-UNAM).
- Instituto de Biología, UNAM (IB-UNAM).
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM-D.F. (ICMyL-UNAM).
- Instituto de Ecología, A.C. (IE).
- Instituto de Ecología y Alimentos, UAT (IEA).
- Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.
- Patronato de Protección y Reforestación de la Zona Huasteca.
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).
- Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I).
- Universidad del Noreste.
- Universidad Veracruzana-Tuxpan (UV).

Sureste:

- Amigos de Sian Ka'an, A.C.
- Biocenosis, A.C.
- Bioconservación, A.C.
- Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY).
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados, IPN-Mérida (CINVESTAV).
- Centro Ecológico Akumal, A.C. (CEA).
- Centro Regional de Investigación Pesquera-Cd. del Carmen y Puerto Morelos (CRIP).
- Ducks Unlimited de México, A.C. (DUMAC).
- El Colegio de la Frontera Sur-Chetumal y San Cristobal de las Casas (ECOSUR).
- Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala, UNAM (ENEP-I).
- Facultad de Ciencias, UNAM (FC-UNAM).
- Instituto de Biología, UNAM (IB-UNAM).
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM-Pto. Morelos (ICMyL-UNAM).
- Instituto de Ecología, UNAM (IE-UNAM).

- Instituto de Geografía, UNAM (IG-UNAM).
- Instituto de Geología, UNAM (IG-UNAM).
- Instituto de Historia Natural de Chiapas (IHN).
- Instituto de Recursos Bióticos de Tabasco, A.C. (IREBIT).
- Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).
- Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Pronatura, A.C.
- Universidad Autónoma de Campeche (UAC).
- Universidad Autónoma de Chiapas (UACH).
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
- Universidad Autónoma de Yucatán (UADY).
- Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAMI).
- Universidad de Ciencias y Artes del Estado de Chiapas (UNICACH).
- Universidad de Quintana Roo (UQR).
- Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
- Yum Balam, A.C.
- Universidad de Michigan y de Hamburgo, en la región prioritaria laguna de Chichancanab.
- Universidad Estatal de Louisiana, en la región prioritaria laguna de Términos–pantanos de Centla.

En lo que respecta a la investigación de aguas subterráneas, las principales instituciones son:

- Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Realiza estudios en el valle de México, enfocados en la hidrogeología de zonas altas de las montañas.
- Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chihuahua, dedicada a estudiar la zona no-saturada, así como la contaminación de los acuíferos por nitratos.
- Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. Realiza diversos estudios sobre acuíferos kársticos y analiza la presencia de contaminantes como nitratos, enterobacterias y agroquímicos en el agua subterránea.
- Instituto Tecnológico de Sonora. Realiza estudios de los acuíferos incluyendo la modelación numérica, vulnerabilidad y contaminación de los mismos.
- Universidad Nacional Autónoma de México. Es quizás la institución de educación superior que más investigación realiza sobre el tema de aguas subterráneas. Las dos dependencias que llevan a cabo la mayor parte de los estudios son los institutos de Geofísca e Ingeniería. En el posgrado de Ciencias de la Tierra, en el cual participan estos dos institutos y otras dependencias, existen las opciones de aguas subterráneas y modelación matemática, tanto en la maestría como en el doctorado. De estos programas se han generado un número importante de publicaciones y reportes técnicos sobre diferentes aspectos de la hidrogeología de México.

15. REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS CON FALTA DE INFORMACIÓN



De las 110 regiones hidrológicas prioritarias, 26% corresponde a áreas que son importantes biológicamente pero para las cuales no se cuenta con información científica suficiente (cuadros 2.1–2.6 y figura 15.1). El mayor número de ellas se ubica en la región Sureste con 41% del total de sus áreas (cuadro 15.1). Esto significa, en términos de cobertura geográfica, que para la región

Noroeste, de un total de 228 705 km^2, 17.3% corresponde a áreas con falta de información científica; para la región Pacífico tropical, de un total de 66 423 km^2, 3.7% carece de información suficiente; para la región Altiplano norte, de un total de 232 024 km^2, no se cuenta con información suficiente en 25.3% de ellas; para la región Centro, de un total de 50 273 km^2, 11.3% está en esta situación; para la región Golfo de México, de un total de 97 832 km^2, 14.3% cuenta con poca información, y para la región Sureste, de un total de 94 182 km^2, 20.2% carece de información suficiente. En resumen, las regiones hidrológicas prioritarias menos estudiadas del país corresponden a las regiones Altiplano norte y Sureste.

Cuadro 15.1. Regiones con falta de información

Región de trabajo	*Total de regiones*		*Falta de información*	
	Núm.	*%*	*Núm.*	*%*
Noroeste	22	20	6	27
Pacífico tropical	10	9	1	10
Altiplano norte	22	20	7	32
Centro	16	15	2	13
Golfo de México	13	12	2	15
Sureste	27	24	11	41
Totales	**110**	**100**	**29**	**26**

Los esfuerzos realizados para incrementar el conocimiento, los inventarios y la sistematización de la flora y la fauna acuáticas no han sido suficientes. En la región Noroeste hacen falta inventarios de flora y fauna, caracterización de hábitats y cuerpos acuáticos, evaluación de los reservorios como refugios de fauna silvestre, conocimiento de la dinámica y calidad de los acuíferos y corrientes superficiales, y estudios sobre la dinámica poblacional de las especies endémicas.

La región del Pacífico tropical carece de información sobre sus acuíferos y el balance hidrológico de sus ríos; faltan inventarios de la biota, especialmente de las especies acuáticas, y una evaluación de los impactos provocados por la contaminación. En la región Altiplano norte son necesarios inventarios biológicos y monitoreo de los grupos de especies conocidos e introducidos y el estudio de las aguas subterráneas, de la calidad del agua y de la dinámica poblacional de especies sensibles a las alteraciones del hábitat.

Para la región Centro se requiere un mayor conocimiento de las aguas subterráneas, del balance hidrológico y de la biodiversidad acuática. También, por ser la región más densamente poblada, es necesario realizar estudios sobre la reducción y fragmentación de hábitats, productividad primaria y secundaria, y repoblación con especies nativas. Asimismo, son necesarias evaluaciones de los impactos por especies introducidas y desecación de los cuerpos de agua, de la asimilación de metales pesados y agroquímicos, metabolismo de nutrientes, redes tróficas, balance hidrológico, calidad del agua y flujo de contaminantes.

En la región Golfo de México se necesitan inventarios biológicos, principalmente de algas, invertebrados y plancton, la caracterización de hábitats y cuerpos acuáticos, la evaluación de los reservorios como refugios de fauna silvestre, la repoblación con fauna nativa, y estudios de las características fisicoquímicas del agua y del balance hidrológico.

Por último, en la región Sureste hacen falta estudios sobre la cuenca como unidad fundamental de estudio, la dinámica de los acuíferos y corrientes superficiales, y sobre la microtopografía de las cuencas, además del análisis de la química y calidad del agua, listados de flora y fauna, especialmente de invertebrados, y conocimientos de la biología de las especies.

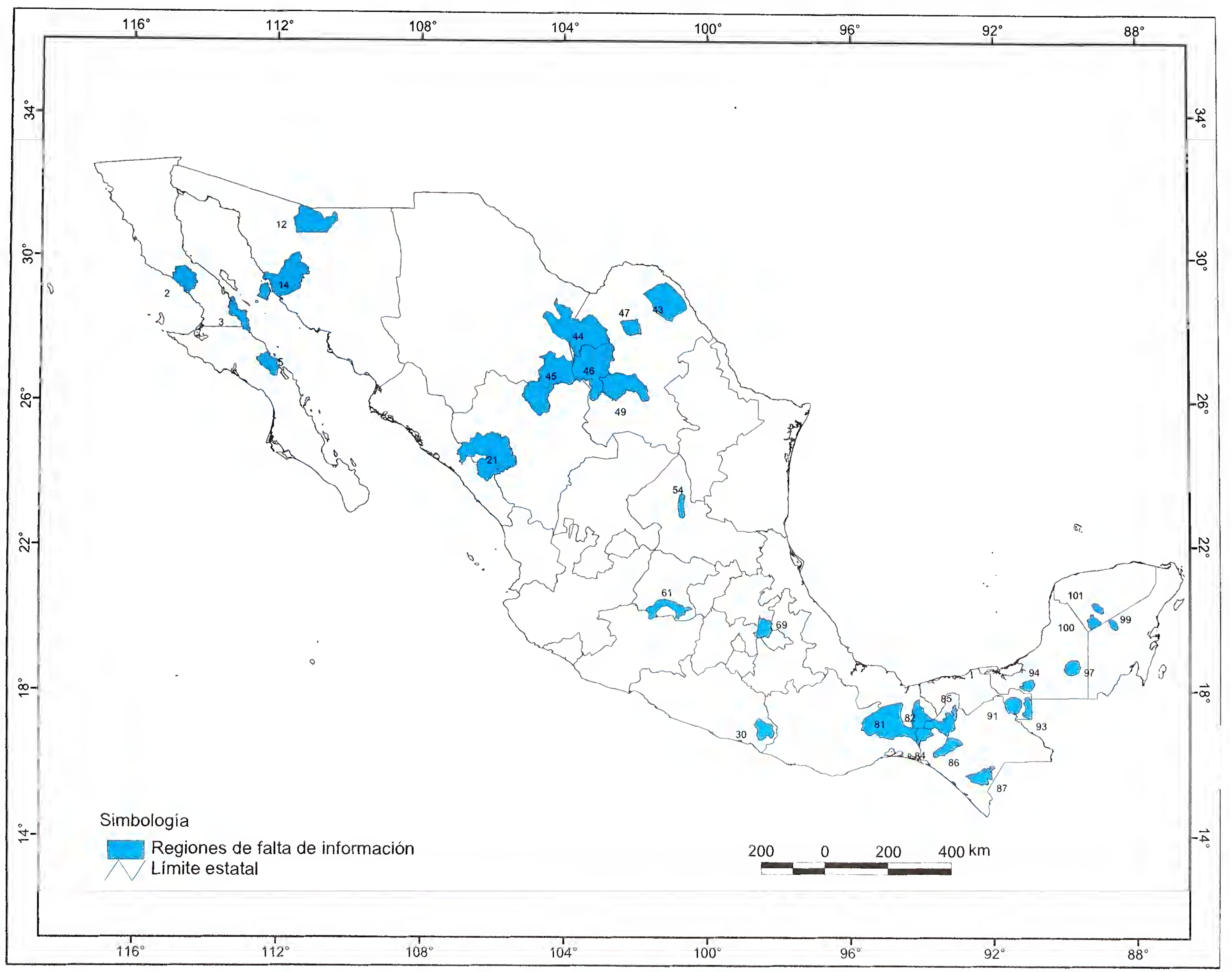


Figura 15.1. Regiones hidrológicas prioritarias con falta de información biológica (Conabio, 1998b)

16. MECANISMOS PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

En México, la información e investigación son muy limitadas y dispersas en cuanto a grupos, tanto faunísticos como florísticos, a ecosistemas y al manejo de cuencas. Se requiere la conformación de grupos de investigación interdisciplinarios que trabajen distintos aspectos y temáticas de los ecosistemas, considerando la cuenca hidrológica, a diferentes escalas geográficas, como la unidad fundamental de estudio; es necesaria la formación de recursos humanos a ese nivel. Se requieren también datos más específicos y formas de recolección más eficientes para el desarrollo de métodos y tecnologías que provean estimaciones confiables de los recursos en unidades espaciales y temporales específicas y que permitan el uso máximo de la información existente. Asímismo, son necesarias tecnologías nuevas, como los sistemas de percepción remota e información geográfica, que proporcionen un marco para monitorear los cambios que ocurren en los ecosistemas, que eviten la recolección de información redundante y que promuevan el desarrollo de terminología común y el intercambio de información a través de bases de datos actualizadas. La utilización de esta información en la elaboración de políticas, planes de manejo y conservación de los recursos es también necesaria.

SECCIÓN 5
CONSERVACIÓN Y MANEJO

17. ESFUERZOS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO INTEGRADO

La necesidad de un manejo integrado de las cuencas para satisfacer las demandas de agua y de otros recursos naturales de una manera más sustentable es cada vez más clara. Debe reconocerse, sin embargo, que las prácticas relacionadas con el uso y el manejo del recurso no sólo dependen de las características físicas y biológicas de la cuenca. Existen políticas institucionales, económicas y sociales que deben aplicarse de manera integrada para cumplir con los objetivos ambientales, económicos y sociales.

El manejo de cuencas tiene que ver no sólo con el recurso acuático, sino con la capacidad y disponibilidad de la tierra y de los recursos biológicos que deben ser administrados para la producción de insumos y servicios de una manera sustentable. Pocas cuencas en el planeta son manejadas con la sola finalidad de captar agua. Independientemente del manejo, la cuenca sirve como una unidad lógica y práctica el para análisis, la planeación y el manejo de múltiples recursos.

El entendimiento básico de la hidrología es fundamental para la planeación y el manejo de los recursos naturales renovables en una cuenca. La hidrología ayuda a solucionar problemas de disponibilidad de agua, prevenir inundaciones y proteger la calidad del agua en ríos y lagos. Más aún, cobra vital importancia en el manejo de bosques y en actividades agrícolas, ganaderas, acuícolas y recreativas.

Desde una perspectiva general de la cuenca y teniendo claro que existe un continuo entre las partes alta, media y baja de la misma, se podrían planear a corto y largo plazos, soluciones sustentables y viables para muchos problemas de recursos naturales y, al mismo tiempo, evitar la degradación ambiental.

Las acciones en el manejo de cuencas, por lo tanto, deben formar parte de estrategias preventivas encaminadas a preservar prácticas sustentables de uso de la tierra y, en casos necesarios, de estrategias restauradoras diseñadas para resolver problemas identificados o para restaurar condiciones a un estado deseado. En este caso, lo deseado se define en términos ambientales, económicos, sociales y políticos. Ambas estrategias responden al mismo tipo de problemas; en un caso, el objetivo es prevenir un problema, mientras que en el otro, el objetivo es restaurar las condiciones previas al problema. Cabe señalar que el costo económico de prevenir siempre es menor al de restaurar.

Para enfrentar los problemas que padece México en relación con el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos, existen programas enfocados a su conservación y manejo; los cuales se mencionan a continuación.

17.1. PROGRAMA HIDRÁULICO 1995-2000

El Programa Hidráulico 1995-2000 (Semarnap, 1996a) analiza y propone políticas de aprovechamiento de los recursos hídricos de acuerdo con la oferta y la demanda de agua, tomando en consideración factores de disponibilidad, uso y conservación del recurso. Todo esto con ob-

jeto de satisfacer las demandas de la sociedad con respecto a servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento; contribuir al desarrollo regional e integral del país a través de patrones de utilización más eficientes en riego, uso industrial y generación de energía eléctrica, y avanzar en el saneamiento integral de las cuencas y en la definición de criterios para cuantificar los volúmenes y la calidad del agua que deben existir en el medio natural para asegurar su sustentabilidad.

Las acciones del programa tienen la finalidad de hacer compatible el crecimiento económico con la protección ambiental, por lo que su alcance va más allá de los aspectos estrictamente regulatorios y se ayuda con procesos de promoción e inducción de inversiones, creación de mercados y financiamiento con participación de toda la sociedad.

El programa contempla también la separación de las funciones normativas de las operativas y la planeación y administración del aprovechamiento del agua de forma integral en las cuencas a través de la participación del municipio, de los estados y del trabajo conjunto entre el gobierno y los usuarios con el apoyo de universidades, tecnológicos, centros de investigación, organismos no gubernamentales y otras instituciones. Todo esto a través de la formación de su consejo técnico, de consejos de cuenca y de foros de consulta popular.

Los consejos de cuenca son la figura jurídica que se establece en la Ley de Aguas Nacionales y en su reglamento, para promover la participación de los usuarios y de las tres instancias de gobierno en la formulación, seguimiento y actualización de la programación hidráulica de las cuencas del país. También se han desarrollado los órganos auxiliares llamados comisiones de cuenca y comités técnicos de aguas subterráneas (Cotas), ambos con extensiones territoriales menores y subordinados al correspondiente consejo de cuenca. Todo esto con la finalidad de transferir a las autoridades locales y a los usuarios la responsabilidad de construir y operar la infraestructura hidroagrícola en los distritos de riego así como la infraestructura hidráulica urbana. De esta manera, la CNA evoluciona hacia una estructura cuyas funciones principales serán normar en materia de administración del agua y funcionar como apoyo técnico especializado para las autoridades locales, las cuales llevan a cabo las acciones operativas dentro de una organización por cuencas y regiones hidrológicas.

En la actualidad, existen 15 consejos de cuenca, cinco comisiones de cuenca y 30 Cotas; además, se trabaja en la creación de seis consejos más. Los consejos de cuenca ya instalados corresponden a las regiones Baja California, Alto noroeste, río Mocorito al Quelite, río Fuerte, río Balsas, costa de Oaxaca, río Bravo, ríos Nazas-Aguanaval, altiplano-San Luis Potosí-Zacatecas, Lerma-Chapala, río Santiago, río San Fernando, río Pánuco, península de Yucatán y Valle de México. Para este año se tiene programada la instalación formal de cinco consejos de cuenca más, en Baja California Sur, río Yaqui-Mátape, río Mayo, río Papaloapan y costa de Chiapas.

17.2. PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE Y DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA EN EL SECTOR RURAL



Para poder conservar la biodiversidad de México y aprovechar las oportunidades de diversificación económica para el sector rural, la Semarnap, a través de la Dirección General de Vida Silvestre del INE, ha implementado el Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural. El principio rector de este programa estriba en asumir que la mejor forma de conservar un recurso consiste en hacerlo objeto de una utilización sustentable y, en consecuencia, de una valoración económica y de una apropiación real por parte de sus dueños y custodios (Semarnap, 1998).

Entre las acciones más importantes para llevar a cabo este programa están el establecimiento de incentivos para los sectores público y privado a favor de la conservación de la flora y

fauna silvestres mediante su aprovechamiento sustentable; la generación de fuentes de ingreso y empleo en las áreas rurales del país de manera entrelazada con la protección y conservación de los ecosistemas; promover y facilitar la conservación de grandes extensiones de hábitat para la vida silvestre; disminuir las probabilidades de extinción y fomentar la recuperación de especies carismáticas de alto significado ecológico, simbólico y económico; garantizar las acciones administrativas para la protección de especies listadas en la NOM-ECOL-059/94, y contribuir a la continuidad de los patrones y procesos naturales en todos los ecosistemas a través de esquemas de aprovechamiento sustentable basados en información técnica y científica.

En México, los programas orientados a conservar y manejar poblaciones de especies silvestres se han concentrado en aquéllas con importancia cinegética o comercial. Esto se lleva a cabo a través de la integración y desarrollo de Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Vida Silvestre (UMA). En este sentido, existen varias UMA establecidas en humedales y cuerpos de agua, principalmente en los estados de Tamaulipas, Sinaloa y Sonora, que están relacionadas con actividades cinegéticas de aves acuáticas. Entre las especies con mayor interés cinegético se encuentran el pato golondrino, el pato boludo, el pato bocón, el pato pinto, el ganso frente blanca, el ganso canadiense, el ganso nevado, el ganso branta negra, y las cercetas de alas azules, de alas verdes y canela.

17.3. PLAN PÁTZCUARO 2000

La región del lago de Páztcuaro representa un enorme patrimonio natural, cultural e histórico, el cual se encuentra amenazado por problemas como deforestación, sobrepastoreo, disminución de la superficie del cuerpo de agua, reducción de la calidad del agua y pérdida de la vida silvestre. Como consecuencia, la amenaza se extiende también hacia las comunidades ribereñas que durante siglos han vivido de su aprovechamiento.

Bajo este contexto, el Plan Pátzcuaro 2000 constituyó un esfuerzo para ordenar e integrar la información sobre la problemática ambiental y social de esta región, y, al mismo tiempo, para definir líneas de acción a corto, mediano y largo plazos con el propósito de estimular la movilización de todos los sectores del gobierno, organizaciones sociales y ciudadanía en general en favor de su rehabilitacion y desarrollo sostenible (Toledo *et al.*, 1993).

En este sentido, la búsqueda de un desarrollo sustentable debe basarse en seis estrategias principales: el rescate ecológico y sociocultural, la diversificación económica, el mejoramiento de las capacidades de empleo e ingreso de los habitantes regionales y locales, el uso efectivo, amplio y transparente de la información científica y tecnológica, el fortalecimiento de las instancias locales y regionales, y la autogestión política y social. Para ello, se requieren acciones concretas, conjuntas y coordinadas de todos los sectores y con objetivos comunes. Esto implica trabajar en dos tipos de relaciones: a) entre instituciones, formando grupos de trabajo entre organismos afines a cada línea de acción para definir objetivos, metas, áreas prioritarias de trabajo, criterios técnicos para la selección de alternativas recursos financieros y recursos humanos, y b) la relación de estos grupos con las comunidades, para llevar a cabo los planes y programas de trabajo y darles seguimiento.

17.4. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE MÉXICO (ANP)

Las áreas naturales protegidas constituyen el instrumento más importante en relación con la conservación de la biodiversidad de México (INE, 1999c). Incluyen ecosistemas representativos, tanto terrestres como acuáticos, cuyo ambiente original no ha sido alterado por el hom-

bre de manera siginficativa, los cuales están sujetos a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo. Las ANP constituyen unidades productivas estratégicas generadoras de beneficios sociales y patrimoniales que deben ser reconocidas y valoradas, y cuyo establecimiento y operación continua representan, además de costos, la posibilidad de reconciliar la integridad de los ecosistemas con instituciones y mecanismos de manejo sólidamente fundamentados en la legislación. De su éxito depende que se puedan detener y revertir los procesos de deterioro masivo y acelerado de los ecosistemas, de la biodiversidad y de las funciones ecológicas que éstos proveen. En la actualidad, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) comprende 117 áreas decretadas que cubren 6.6% del territorio nacional (poco más de 13 millones de hectáreas) y que se encuentran agrupadas en las categorías indicadas en el cuadro 17.1.

Cuadro 17.1. Número y superficie de áreas naturales protegidas clasificadas y ordenadas por categoría (INE, 1999c)

Categoría de manejo	*Número*	*Superficie (ha)*
Reservas de la biosfera	26	9 163 276
Parques nacionales	64	1 396 536
Áreas de protección de recursos naturales	5	117 906
Áreas de protección de flora y fauna	11	1 667 717
Monumentos naturales	4	14 099
Otras áreas en recategorización	7	759 261
Totales	**117**	**13 118 795**

En términos absolutos, las cifras anteriores parecen significativas, sin embargo sólo representan una pequeña parte de la diversidad de las especies y los ecosistemas de México. En una primera revisión de las áreas naturales protegidas, llama la atención la escasa representatividad que los ecosistemas acuáticos epicontinentales tienen en los sistemas de protección del país. Al sobrelapar las regiones hidrológicas prioritarias (RHP) con las áreas naturales protegidas (ANP), se encontró que 72 áreas son coincidentes en mayor o menor porcentaje (figura 17.1). De éstas, cerca de 22 corresponden a ecosistemas acuáticos, lo cual indica la necesidad de incorporar al SINAP nuevas áreas, no sólo en lo que respecta a ecosistemas acuáticos y cuerpos de agua, sino a cabeceras de cuencas hidrológicas. También se requieren especificaciones concretas dentro de la legislación para los cuerpos de agua enfocadas a las cuencas completas (alta, media y baja) que se encuentran amenazadas o en estado crítico, con la finalidad de asegurar una mayor captación de agua, preservar los recursos forestales y mitigar los problemas por erosión. En el cuadro 17.2 se listan la superficie y el porcentaje de sobrelapamiento entre las regiones hidrológicas prioritarias y las áreas naturales protegidas.

De esta forma, la conservación de la biodiversidad a través de ANP requiere una evaluación muy precisa del estado de conservación a nivel genético, poblacional, comunitario y ecosistémico de cada área. Se requieren también estudios sobre el uso de sus principales recursos, el estatus económico y social de las poblaciones locales, los programas de manejo y financiamiento adecuados y eficaces, y sobre la consulta y aceptación, por parte de la población local, del trabajo científico y tecnológico en la elaboración de programas y políticas por parte de los especialistas, tomadores de decisiones y representantes gubernamentales.

Cuadro 17.2. Sobrelapamiento entre las regiones hidrológicas prioritarias (RHP) y las áreas naturales protegidas (ANP) de México (Conabio, 1998b; INE, 1999a)

Región hidrológica prioritaria	*RHP* (km²)	*Categoría*	*Área natural protegida*	*ANP* (km²)	*Sobreposición* (km²)	*ANP* %
1. San Pedro Mártir	6 209	PN	52. Sierra San Pedro Mártir	645	619	96
3. Sierra de la Libertad	2 552	RB	2. El Vizcaíno	25 257	224	1
4. Sierra de San Francisquito-Oasis San Ignacio	4 263	RB	2. El Vizcaíno	25 257	1 488	6
5. Mulegé-Sta. Rosalía	2422	RB	2. El Vizcaíno	25 257	40	0.2
10. Sierra de La Laguna y oasis aledaños	5 399	RB	3. Sierra de La Laguna	1 113	949	85
10. Sierra de La Laguna y oasis aledaños	5 399	RB	54. Cabo Pulmo	70	2	3
11. Delta del río Colorado	7 971	RB	1. Delta del río Colorado	9 436	2 051	22
13. Subcuencas de los ríos San Pedro y Sta. Cruz	2 811	APRN	50. Sierra de los Ajos	179	8	5
14. Isla Tiburón-Río Bacoachi	10 027	OAR	29. Isla Tiburón	1 193	1 195	100
15. Cajón del Diablo	2 785	OAR	28. Cajón del Diablo	1 173	1 166	99
17. Río Mayo	14 895	APFF	42. Sierra de Álamos	922	162	18
17. Río Mayo	14 895	PN	59. Cascada de Basaseachic	59	59	100
18. Cuenca alta del río Fuerte	24 530	APFF	42. Sierra de Álamos	922	693	75
22. Río Baluarte-Marismas Nacionales	38 769	RB	12. La Michilía	93	82	88
24. Cajón de Peñas-Chamela	7 557	RB	13. Chamela-Cuixmala	131	130	99
25. Río Purificación-Manantlán	7 620	RB	14. Manantlán	1 388	1 072	77
28. Río Atoyac-Laguna de Coyuca	2 166	PN	68. El Veladero	32	18	56
29. Río Papagayo-Acapulco	8 502	PN	68. El Veladero	32	13	42
31. Río Verde-Laguna de Chacahua	8 347	PN	96. Lagunas de Chacahua	169	130	77
32. Soconusco	9 315	RB	5. La Encrucijada	1 462	1 008	69
32. Soconusco	9 315	RB	8. La Sepultura	1 682	188	11
32. Soconusco	9 315	RB	9. El Triunfo	1 202	495	41
42. Río Bravo Internacional	32 933	APFF	36. Cañón de Sta. Elena	2 892	1 542	53
42. Río Bravo Internacional	32 933	APFF	38. Maderas del Carmen	2 073	175	8
45. La India	13 480	RB	11. Mapimí	1 813	920	51
46. El Rey	12 031	RB	11. Mapimí	1 813	726	40
48. Cuatro Ciénegas	3 633	APFF	37. Cuatro Ciénegas	835	764	92
50. Río Salado de los Nadadores	9 542	APFF	37. Cuatro Ciénegas	835	72	9
52. Cumbres de Monterrey	2 903	PN	93. Cumbres de Monterrey	2 387	967	41
53. Río San Juan y río Pesquería	13 724	PN	93. Cumbres de Monterrey	2 387	153	6
58. Chapala-Cajititlán-Sayula	6 150	APRN	48. La Primavera	381	65	17
58. Chapala-Cajititlán-Sayula	6 150	PN	74. Volcán Nevado de Colima	98	11	12
62. Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas	7 093	PN	86. José Ma. Morelos y Pavón	45	0.4	0.8
63. Los Azufres	1 319	OAR	27. Mariposa Monarca 2	27	27	99
63. Los Azufres	1 319	OAR	27. Mariposa Monarca 3	19	19	100
63. Los Azufres	1 319	OAR	27. Mariposa Monarca 4	20	20	100
63. Los Azufres	1 319	OAR	27. Mariposa Monarca 5	77	50	65
63. Los Azufres	1 319	PN	75. Bosencheve	145	6	4
65. Cabecera del río Lerma	2 460	PN	77. Miguel Hidalgo y Costilla	19	16	83
65. Cabecera del río Lerma	2 460	PN	81. Nevado de Toluca	537	204	38
66. Lagos-cráter del Nevado de Toluca	928	PN	76. Desierto del Carmen	5	3	55
66. Lagos-cráter del Nevado de Toluca	928	PN	81. Nevado de Toluca	537	133	25

Cuadro 17.2. *(continuación)*

Región hidrológica prioritaria	*RHP* (km²)	*Categoría*	*Área natural protegida*	*ANP* (km²)	*Sobreposición* (km²)	*ANP* %
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	APFF	39. Ajusco-Chichinautzin 1	193	193	100
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	APFF	39. Ajusco-Chichinautzin 2	182	182	100
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	PN	62. Cumbres del Ajusco	5	2	40
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	PN	70. Grutas de Cacahuamilpa	16	16	100
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	PN	76. Desierto del Carmen	5	2	50
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	PN	78. Iztaccíhuatl-Popocatepetl	235	32	14
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	PN	90. Lagunas de Zempoala	44	44	100
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	PN	91. El Tepozteco	224	224	100
67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	RB	117. Huautla	589	515	88
68. Remanentes de la cuenca de México	2 020	PN	82. Sacromonte	0.5	0.5	100
68. Remanentes de la cuenca de México	2 020	PN	83. Zoquiapan y anexas	194	33	17
70. Cuenca oriental	4 959	PN	107. La Malinche	432	136	32
70. Cuenca oriental	4 959	PN	110. Cofre de Perote	115	30	27
70. Cuenca oriental	4 959	PN	111. Pico de Orizaba	195	107	55
72. Río Tamesí	15 735	RB	20. Sierra del Abra Tanchipa	213	10	5
75. Confluencia de las Huastecas	27 405	RB	16. Sierra Gorda	3 812	3 083	81
75. Confluencia de las Huastecas	27 405	RB	20. Sierra del Abra Tanchipa	213	30	14
75. Confluencia de las Huastecas	27 405	PN	105. Gogorrón	366	366	100
77. Río La Antigua	2 708	PN	110. Cofre de Perote	115	55	48
80. Los Tuxtlas	3 484	RB	23. Los Tuxtlas	1 546	1 528	99
85. Malpaso-Pichucalco	3 735	APRN	47. El Ocote	491	358	73
85. Malpaso-Pichucalco	3 735	PN	56. Cañón del Sumidero	215	2	0.7
86. La Sepultura-Suchiapa	2 397	RB	8. La Sepultura	1 682	392	23
87. Motozintla	2 587	RB	9. El Triunfo	1 202	262	22
88. Comitán-Lagunas de Montebello	2 301	PN	57. Lagunas de Montebello	70	70	100
90. Laguna de Términos-Pantanos de Centla	12 686	RB	22. Pantanos de Centla	3 021	3 010	100
90. Laguna de Términos-Pantanos de Centla	12 686	APFF	32. Laguna de Términos	7 038	3 179	45
92. Lacantún y tributarios	9 797	RB	6. Lacan-Tun	621	621	100
92. Lacantún y tributarios	9 797	RB	7. Montes Azules	3 306	2 676	81
92. Lacantún y tributarios	9 797	APFF	33. Chan-Kin	122	122	100
92. Lacantún y tributarios	9 797	APFF	34. Metzabok	34	34	100
92. Lacantún y tributarios	9 797	APFF	35. Naha	39	39	100
92. Lacantún y tributarios	9 797	MN	43. Bonampak	44	43	99
92. Lacantún y tributarios	9 797	MN	44. Yaxchilán	26	23	90
95. Sur de Campeche	7 073	RB	4. Calakmul	7 198	1 200	17
96. Calakmul	4 171	RB	4. Calakmul	7 198	3 108	43
97. Cabecera del río Champotón	1 719	RB	4. Calakmul	7 198	277	4

Región hidrológica prioritaria	RHP (km²)	*Categoría*	*Área natural protegida*	ANP (km²)	*Sobreposición* (km²)	ANP %
102. Anillo de cenotes	16 215	OAR	30. Ría Celestún	591	436	74
102. Anillo de cenotes	16 215	OAR	31. Ría Lagartos	598	542	91
102. Anillo de cenotes	16 215	APFF	41. Yum Balam	1 526	60	4
102. Anillo de cenotes	16 215	PN	114. Dzibilchaltún	5	5	99
102. Anillo de cenotes	16 215	RB	115. Los Petenes	2 803	985	35
103. Contoy	2 787	APFF	41. Yum Balam	1 526	455	30
103. Contoy	2 787	PN	103. Isla Contoy	51	0.6	1
106. Cozumel	486	PN	100. Arrecifes de Cozumel	123	3	3
107. Cenotes Tulum-Cobá	1 423	PN	104. Tulum	7	5	76
108. Sian Ka'an	5 517	RB	17. Arrecifes de Sian Ka'an 1	12	0.6	5
108. Sian Ka'an	5 517	RB	19. Sian Ka'an	5 251	3 385	65
108. Sian Ka'an	5 517	APFF	40. Uaymil	887	505	57
109. Humedales y lagunas de la Bahía de Chetumal	3 230	RB	19. Sian Ka'an	5 251	196	4
109. Humedales y lagunas de la Bahía de Chetumal	3 230	APFF	40. Uaymil	887	382	43
110. Río Hondo	2 689	RB	4. Calakmul	7 198	57	0.8

Categorías: RB = reserva de la biosfera; OAR = otras áreas en recategorización; MN = monumento natural; APFF = área de protección de flora y fauna; PN = parque nacional; APRN = área de protección de los recursos naturales.

17.5. CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES)

Conocida como la CITES, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres entró en vigencia el 1 de julio de 1975 y cuenta actualmente con 146 países miembros. Este tratado fue desarrollado como un marco internacional de referencia legal con el fin de proteger las especies silvestres de una explotación desmedida, impedir el comercio internacional de aquéllas en peligro de extinción, y reglamentar y vigilar el comercio de otras que puedan llegar a estarlo (http://www.wcmc.org.uk/cites).

Los principios fundamentales del tratado establecen que las especies deben ser incluidas en varios apéndices de acuerdo con los diferentes grados de amenaza que resultan del comercio internacional; se detallan los niveles apropiados de regulación comercial. También establece los procedimientos y criterios para la aprobación de las operaciones de cría en cautiverio con fines comerciales de especies en peligro de extinción.

Actualmente, el comercio de especies silvestres es muy lucrativo y abarca una amplia variedad de ellas, ya sea como especímenes vivos o como productos derivados. Cada año, millones de animales y plantas vivos se transportan por todo el mundo para responder a la demanda comercial de mascotas y de plantas ornamentales. La CITES es un instrumento de conservación poderoso, pues proporciona una base global para la protección de las especies a través de la prohibición de su comercio de manera efectiva o bien, de su cuidadoso manejo y vigilancia.

Para México, la CITES reporta cuatro especies de peces: *Ptychocheilus lucius* y *Totoaba macdonaldi* con distribución en la región Noroeste del país, y *Salmo chrysogaster* y *Xiphophorus couchianus* en la región Altiplano norte; cuatro especies de anfibios: *Bufo retiformis* en la región Noroeste, y *Ambystoma dumerilii*, *A. lermaense* y *A. mexicanum* en la región Centro; tres especies de reptiles: *Dermatemys mawii* en la región Sureste, y *Terrapene coahuila* y *Trionyx ater* en la región Altiplano norte, y siete especies de moluscos: *Coahuilix hubbsi*, *Cochliopina milleri*, *Durangonella coahuilae*, *Mexipyrgus churinceanus*, *Mexithauma quadripaludium*, *Nymphophilus minckleyi* y *Paludiscala caramba*, todas en la región del Altiplano norte.

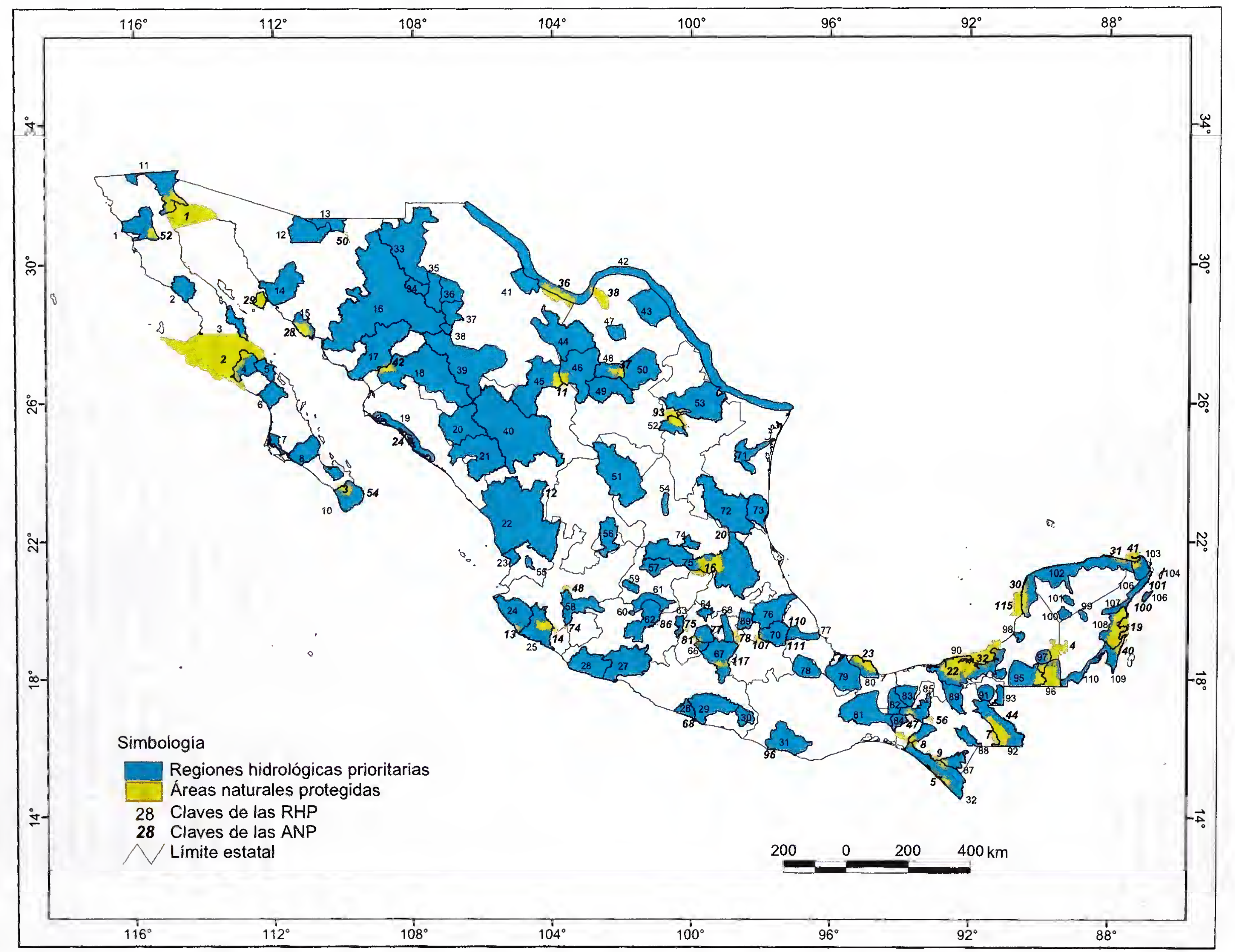


Figura 17.1. Regiones hidrológicas prioritarias (RHP) y áreas naturales protegidas (ANP). (Conabio, 1998b; INE, 1999a)

17.6. CONVENCIÓN SOBRE LOS HUMEDALES RAMSAR

La Convención sobre los Humedales es un tratado intergubernamental que fue firmado en Ramsar, Irán, en 1971 y que entró en vigor en 1975. Su misión es la conservación y el uso racional y sostenible de los humedales. En la actualidad cuenta con 110 estados miembros y 950 humedales considerados (más de 70 millones de hectáreas) con el compromiso de mantener las condiciones ecológicas de cada sitio, planificar su uso de suelo, establecer reservas que los incluyan y promover la capacitación en la investigación, gestión y custodia de los mismos, así como la aplicación de lo establecido en la convención, especialmente en lo relativo a humedales transfronterizos, especies y sistemas hidrológicos compartidos entre naciones y proyectos de desarrollo (http://www.ramsar.org/).

RAMSAR no sólo reconoce la importancia de las funciones ecológicas de los humedales y del recurso hídrico, sino plantea la necesidad de integrar, en cada cuenca, el manejo de los recursos hídricos y la conservación de los humedales. Esto, mediante una serie de acciones enfocadas a resolver los problemas de escasez y deterioro de la calidad del agua con la consiguiente pérdida del ecosistema y su diversidad biológica.

La convención se relaciona de manera estrecha con otros tratados medioambientales como el Convenio sobre Diversidad Biológica, el Convenio para Combatir la Desertificación, el Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias y el Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. También guarda relación con contrapartes no gubernamentales como Birdlife International, Wetlands International, la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF); con instituciones de financiamiento como el Banco Mundial (WB) y el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF), y con organizaciones no gubernamentales nacionales e internacionales.

México, como país miembro de RAMSAR, participa con seis humedales que cubren alrededor de 1 095 414 ha: ría Lagartos, Cuatro Ciénegas, reserva de la biosfera La Encrucijada, Marismas Nacionales, pantanos de Centla y el delta del río Colorado.

17.7. COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO)

Uno de los principales objetivos de la Conabio es la instrumentación de una estrategia nacional de promoción del conocimiento y conservación de la biodiversidad del país.

Como parte de las actividades encaminadas a cumplir con esta tarea, la Conabio desarrolló una serie de programas con el objeto de establecer un marco de referencia para contribuir a la conservación y manejo sostenido de diversos ambientes. Esto se llevó a cabo mediante talleres multidisciplinarios con expertos de los sectores académico, gubernamental, privado y social, y organizaciones no gubernamentales. Se consideraron los sitios de mayor biodiversidad, los de uso actual y potencial, los impactos actuales y potenciales sobre los recursos biológicos, y la falta de información científica sobre biodiversidad, así como el financiamiento de proyectos de investigación en estas áreas. Es importante señalar que estos programas recibieron apoyo financiero de las siguientes agencias: Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), United States Agency for International Development (USAID), Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), The David and Lucile Packard Foundation, The Nature Conservancy (TNC) y Pronatura, A.C. A continuación se mencionan los programas más importantes:

Regiones Prioritarias Marinas de México

Este programa tuvo como objetivos realizar un diagnóstico de los ambientes costeros y oceánicos, proponer una zonación considerada como prioritaria (por su alta biodiversidad, uso de recursos, ca-

rencia de información sobre biodiversidad y potencial para la conservación) y, finalmente, analizar esta información bajo los contextos social, económico y legislativo, para su consideración por los diferentes sectores en torno al desarrollo de planes de conservación, uso, manejo e investigación.

Se identificaron 70 áreas marinas prioritarias (cuadro 17.3), de las cuales 58 fueron clasificadas como de alta biodiversidad, y de éstas, 41 presentaron algún tipo de amenaza; 38 correspondieron a áreas de uso por sectores, y ocho fueron importantes biológicamente pero carentes de información científica suficiente. Se obtuvo también un mapa nacional, a escala 1:4 000 000 (figura 17.2), en el que se muestran la ubicación de las áreas identificadas e información detallada sobre los usos principales de los recursos naturales actuales y potenciales, los sectores involucrados, y los impactos y amenazas actuales y potenciales. Asimismo, se establecieron prioridades en cuanto a los conflictos y los usos de mayor riesgo para generar recomendaciones y propuestas de solución que involucren acciones de regulación, legislación y restauración (Arriaga *et al.*, 1998).

Cuadro 17.3. Regiones marinas prioritarias de México (Arriaga *et al.*, 1998)

1. Ensenadense	36. Huatulco
2. Vizcaíno	36. Lagunas Superior e Inferior
3. San Ignacio	38. Laguna Mar Muerto
4. Bahía Magdalena	39. Punto Arista
5. Barra de Malv-Cabo Falso	40. Corredor Puerto Madero
6. Isla Guadalupe	41. Plataforma Continental Golfo de Tehuantepec
7. Cayos Alijos	42. Trinchera mesoamericana-ZEE
8. R.B. Archipiélago Revillagigedo	43. Tehuantepec
9. Los Cabos	44. Laguna Madre
10. Complejo insular de Baja California	45. La Pesca-Rancho Nuevo
11. Bahía Concepción	46. Laguna San Andrés
12. Costa oriental Vizcaíno	47. Pueblo Viejo-Tamiahua
13. Complejo insular de Baja California	48. Tecolutla
14. Alto Golfo	49. Laguna Verde-Antón Lizardo
15. Canal del Infiernillo	50. Sistema lagunar de Alvarado
16. Cajón del Diablo	51. Los Tuxtlas
17. Sistema lagunar sur de Sonora	52. Delta del río Coatzacoalcos
18. Laguna Sta. Ma. la Reforma	53. Pantanos de Centla-Laguna de Términos
19. Laguna de Chiricahueto	54. Giro Tamaulipeco
20. Piaxtla-Urías	55. Fosa Sigsbee
21. Marismas Nacionales	56. Cayos Campeche
22. Bahía de Banderas	57. Escarpe Campeche
23. Boca del Golfo	58. Arrecife Alacranes
24. Guaymas	59. Sonda de Campeche
25. Mismaloya-Pta. Soledad	60. Champotón-El Palmar
26. Chamela-El Palmito	61. Sisal-Dzilam
27. Pta. Graham-El Carrizal	62. Dzilam-Contoy
28. Cuyutlán-Chupadero	63. Punta Maroma-Nizuc
29. Maruata-Colola	64. Tulum-Xpuha
30. Mexiquillo-Delta del Balsas	65. Sian Ka'an
31. Tlacoyunque	66. Bahía Chetumal
32. Coyuca-Tres Palos	67. Xcalac-Majahual
33. Copala-Punta Maldonado	68. Arrowsmith
34. Chacahua-Escobilla	69. Cozumel
35. Puerto Ángel-Mazunte	70. Banco Chinchorro

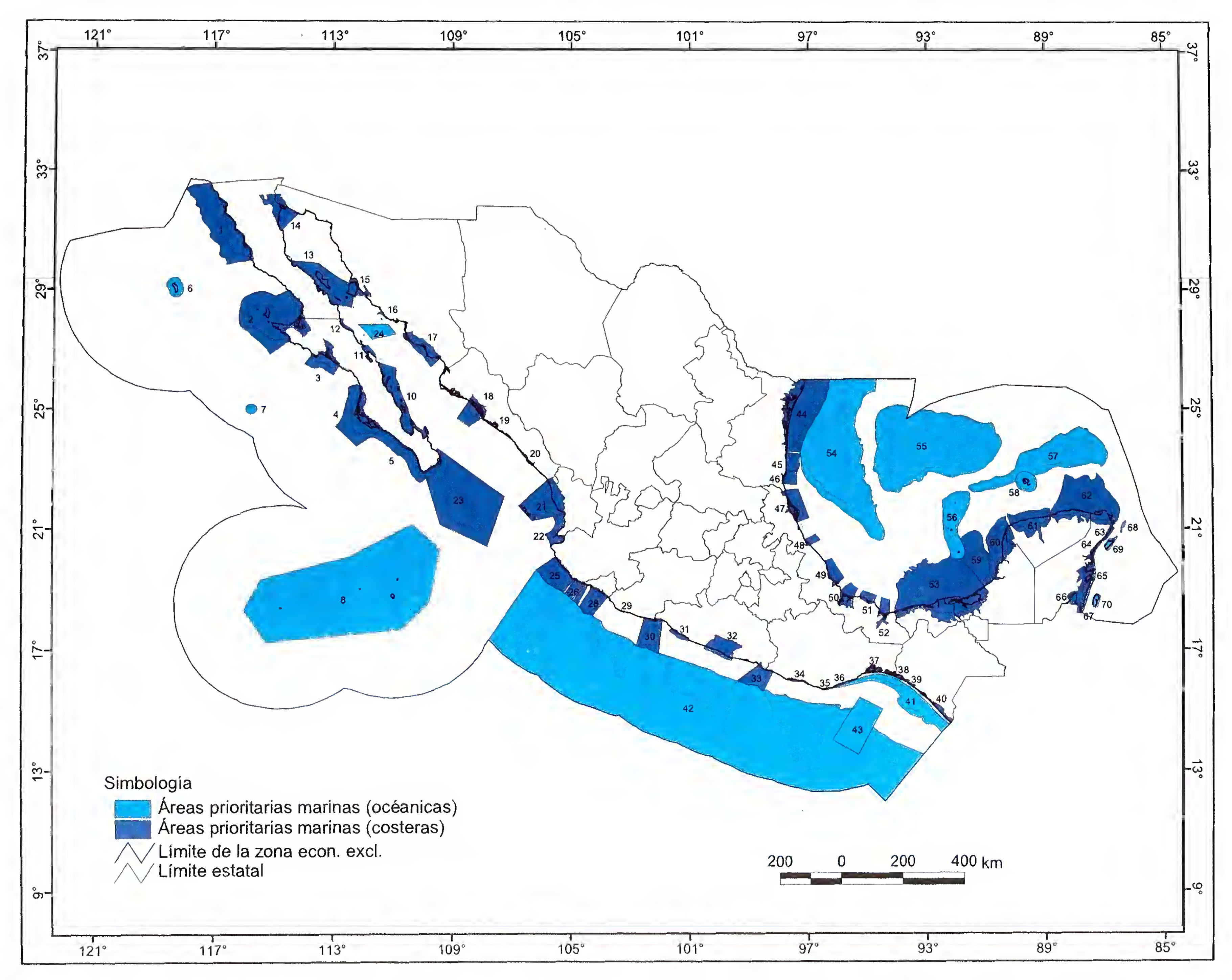


Figura 17.2. Regiones prioritarias marinas (RPM) (Conabio, 1998a)

Regiones Terrestres Prioritarias de México

El objetivo de este programa fue la detección de áreas que representan unidades estables desde el punto de vista ambiental, que sean depositarias de la diversidad específica y ecosistémica del país, y que ofrezcan oportunidades reales de conservación y de uso sustentable.

El resultado final de este ejercicio fue un mapa nacional a escala 1:4 000 000 en el que se muestran las 151 regiones terrestres prioritarias; éstas cubren una superficie de 504 634 km^2, correspondiente a poco más de la cuarta parte del territorio nacional. También se generó una ficha técnica por cada región con los criterios de valor biológico, amenazas y oportunidades para su conservación (Arriaga *et al.*, 2000).

Es importante mencionar que de las 90 áreas naturales protegidas continentales decretadas por el INE, 65 se encuentran representadas en esta regionalización. De las 25 ANP restantes, 15 poseen una superficie menor que 20 km^2, por lo que carecen de representatividad espacial.

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (Cipamex) y BirdLife International. Se realizó con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves (CCA, 1999).

El resultado final fue la identificación de 230 AICAS que fueron agrupadas en cuatro grandes regiones (Noreste, Noroeste, Sur y Centro). Para cada área se elaboró un ficha técnica con su descripción biótica y abiótica y un listado avifaunístico de las especies registradas en la zona, que incluye su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área. Con toda esta información se constituyó una base de datos que cuenta con más de 17 886 registros de 1 038 especies de aves (96.3% de las especies para México según la American Ornithologist's Union). Adicionalmente, se incorporó información sobre especies amenazadas y endémicas.

Dentro de este programa, la Conabio participó en la elaboración del mapa *Áreas de importancia para la Conservación de las Aves* a escala 1: 250 000, el cual se basa en mapas de vegetación, topografía e hidrografía. También participó en el diseño y elaboración de una base de datos con base en las fichas técnicas de cada región, en la cual se pueden consultar, además de la información biótica y abiótica, el estado de protección de las especies de acuerdo con los diferentes autores, la nomenclatura según la Check List of North American Birds (AOU, 1983) con sus modificaciones subsecuentes, y los nombres comunes en inglés y en español de las especies de Norteamérica.

El programa AICAS, aparte de constituir una herramienta para la comunidad conservacionista y el gobierno mexicano, establece las bases para la formulación y el financiamiento de proyectos y consolida a numerosas organizaciones académicas y no gubernamentales en cuanto a actividades relacionadas con el conocimiento y la conservación de las aves. Todo esto, con la finalidad de contribuir significativamente a su conservación en el país.

Para México se identificaron 218 AICAS de las cuales 150 son coincidentes en mayor o menor porcentaje con las regiones hidrológicas prioritarias (RHP) (figura 17.3). Esto significa que 69% de las AICAS están comprendidas en las RHP; sin embargo en términos de superficie total, sólo 40% está incluida en las RHP (cuadro 17.4).

Cuadro 17.4. Porcentaje aproximado de sobrelapamiento entre las áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS) y las regiones hidrológicas prioritarias (RHP) (Cipamex y Conabio 1999; Conabio, 1998b)

Área de importancia para la conservación de las aves	AICAS (km^2)	*Región hidrológica prioritaria*	RHP (km^2)	*Sobre-posición* (km^2)	RHP %
1. Lago de Texcoco	151	168. Remanentes de la cuenca de México	2 020	151	100
2. Cuitzeo	1 458	61. Lagos-cráter del Valle de Santiago	3 478	30	2
2. Cuitzeo	1 458	62. Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas	7 093	1 252	86
3. Pátzcuaro	1 863	62. Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas	7 093	1 252	67
4. Tumbiscatio	1 923	26. Ríos Coalcomán y Nexpa	7 633	1 335	69
4. Tumbiscatio	1 923	27. Cuenca baja del río Balsas	11 333	588	31
6. R.B. Sierra Gorda	3 643	75. Confluencia de las Huastecas	27 405	2 945	81
7. Sótano del Barro	9	75. Confluencia de las Huastecas	27 405	9	100
9. Ciénega del Lerma	75	65. Cabecera del río Lerma	2 460	75	100
10. Tecolutla	7	76. Río Tecolutla	7 950	5	82
11. Sierra Norte	14 237	78. Presa Miguel Alemán-Cerro de Oro	4 299	1	8
11. Sierra Norte	14 237	81. Cuencas media y alta del río Coatzacoalcos	11 039	1 463	10
12. Sierra de Miahuatlán	2 488	31. Río Verde-Lagunas de Chacahua	8 347	58	2
14. Sur del Valle de México	1 002	65. Cabecera del río Lerma	2 460	85	9
14. Sur del Valle de México	1 002	67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	579	58
14. Sur del Valle de México	1 002	68. Remanentes de la cuenca de México	2 020	58	6
15. Sierra de Zongolica	676	78. Presa Miguel Alemán-Cerro de Oro	4 299	112	17
16. Grutas de Cacahuamilpa	21	67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	20	99
17. Sierra de Taxco-Nevado de Toluca	1 793	65. Cabecera del río Lerma	2 460	182	10
17. Sierra de Taxco-Nevado de Toluca	1 793	66. Lagos-cráter del Nevado de Toluca	928	511	29
17. Sierra de Taxco-Nevado de Toluca	1 793	67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	2	0.1
19. Acahuizotla-Agua de Obispo	666	29. Río Papagayo-Acapulco	8 502	666	100
20. Sierra de Atoyac	1 717	28. Río Atoyac-Laguna de Coyuca	2 166	247	14
21. Omiltemi	50	29. Río Papagayo-Acapulco	8 502	49	98
23. Cuenca baja del Balsas	1 917	27. Cuenca baja del río Balsas	11 333	1 916	100
24. Lagunas costeras de Guerrero	209	28. Río Atoyac-Laguna de Coyuca	2 166	65	31
24. Lagunas costeras de Guerrero	209	29. Río Papagayo-Acapulco	8 502	55	26
25. Coalcomán-Pomaro	4 371	26. Ríos Coalcomán y Nexpa	7 633	3 462	79
27. Sierra de Sta. Rosa	457	57. Cabecera del río de la Laja	3 476	271	59
32. Nevado de Colima	137	58. Chapala-Cajititlán-Sayula	6 150	32	24
33. Chamela-Cuitzmala	134	24. Cajón de Peñas-Chamela	7 557	133	100
34. Sierra Fría	570	56. Valle de Aguascalientes-Río Calvillo	5 046	416	73
35. Tlanchinol	223	75. Confluencia de las Huastecas	27 405	223	100
36. Sierra Chincua	2 562	63. Los Azufres	1 319	1 211	47
37. Ciénega de Tlahuac	29	68. Remanentes de la cuenca de México	2 020	28	100
38. Cuetzalan	261	76. Río Tecolutla	7 950	234	90
39. Cañón de Lobos	45	67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	45	100
40. Sierra de Huautla	2 481	67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	1 555	63
41. Humedales de Alvarado	2 124	79. Humedales del Papaloapan, San Vicente y San Juan	8 187	493	23
42. Huayacocotla	628	75. Confluencia de las Huastecas	27 405	150	24
43. La Malinche	642	70. Cuenca oriental	4 959	271	42
45. Sierra del Abra Tanchipa	207	72. Río Tamesí	15 735	10	5
45. Sierra del Abra Tanchipa	207	75. Confluencia de las Huastecas	27 405	31	15
46. El Carricito	1 095	22. Río Baluarte-Marismas Nacionales	38 769	549	50

Cuadro 17.4. *(continuación)*

Área de importancia para la conservación de las aves	AICAS (km²)	*Región hidrológica prioritaria*	RHP (km²)	*Sobre-posición* (km²)	RHP %
47. Marismas Nacionales	4 987	22. Río Baluarte-Marismas Nacionales	38 769	4 563	92
47. Marismas Nacionales	4 987	23. San Blás-La Tovara	1 514	394	8
48. Reserva ecológica sierra de San Juan	161	23. San Blás-La Tovara	1 514	74	46
54. Tacámbaro	1 159	62. Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas	7 093	712	61
55. Sierra de Manantlán	1 389	25. Río Purificación-Manantlán	7 620	1 077	78
56. Laguna de Yuriria	147	61. Lagos-cráter del Valle de Santiago	3 478	2	1
56. Laguna de Yuriria	147	62. Pátzcuaro y cuencas endorreicas cercanas	7 093	146	99
58. Laguna de Chapala	1 127	58. Chapala-Cajititlán-Sayula	6 150	1 123	100
59. Presa Cajón de Peñas	27	24. Cajón de Peñas-Chamela	7 557	27	100
60. Babícora	139	16. Río Yaqui-Cascada Basaseachic	54 717	139	100
61. Laguna de Mexicanos	47	38. Lago Los Mexicanos	884	47	100
62. Laguna de Bustillos	96	37. Lago Bustillos	3 303	96	100
65. Nacimiento del río Sabinas-Sureste	323	47. Sierra de Sta. Rosa	2 066	81	25
67. Laguna Madre	5 298	71. Río San Fernando	4 541	360	7
68. Picachos	1 424	53. Río San Juan y río Pesquería	13 724	1 425	100
69. Sierra de Arteaga	3 548	52. Cumbres de Monterrey	2 903	2 140	60
69. Sierra de Arteaga	3 548	53. Río San Juan y río Pesquería	13 724	6	0.7
72. Cuatro Ciénegas	836	48. Cuatro Ciénegas	3 633	764	91
72. Cuatro Ciénegas	836	50. Río Salado de los Nadadores	9 542	73	9
73. Cuchillas de la Zarca	6 298	40. Río Nazas	35 037	464	7
73. Cuchillas de la Zarca	6 298	45. La India	13 480	5 286	84
74. San Juan de Camarones	3 558	20. Cuenca alta de los ríos Culiacán y Humaya	10 368	313	9
74. San Juan de Camarones	3 558	21. Cuenca alta del río San Lorenzo-Minas de Piaxtla	14 287	3245	91
75. Santiaguillo	3 807	40. Río Nazas	35 037	3 776	99
76. Las Bufas	109	21. Cuenca alta del río San Lorenzo-Minas de Piaxtla	14 287	108	99
77. Río Presidio-Pueblo Nuevo	2 748	22. Río Baluarte-Marismas Nacionales	38 769	1 699	62
78. Guacamayita	1 108	22. Río Baluarte-Marismas Nacionales	38 769	1 095	99
79. La Michilía	262	22. Río Baluarte-Marismas Nacionales	38 769	79	30
82. San Antonio Peña Nevada	773	72. Río Tamesí	15 735	146	19
84. Parras de la Fuente	924	71. Río San Fernando	4 541	212	23
85. El Cielo	1 840	72. Río Tamesí	15 735	1 841	100
86. Sierra de Tamaulipas	2 593	72. Río Tamesí	15 735	689	27
86. Sierra de Tamaulipas	2 593	73. Cenotes de Aldama	5 014	632	24
87. Cerro del metate	198	73. Cenotes de Aldama	5 014	198	100
88. Humedales del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz	4 488	72. Río Tamesí	15 735	776	17
88. Humedales del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz	4 488	73. Cenotes de Aldama	5 014	75	2
90. Sierra de La Laguna	1 539	10. Sierra de La Laguna y oasis aledaños	5 399	1 539	100
91. Bahía de Magdalena-Almejas	967	7. Bahía Magdalena	1 449	24	3
92. Oasis San Ignacio	0.5	4. Sierra de San Francisquito-Oasis San Ignacio	4 263	0.3	73
93. Ensenada de la Paz	283	9. Sierra del Novillo-La Paz	1 531	68	24
94. Sierra La Giganta	1 551	6. La Purísima	3 746	155	10
95. Complejo lagunar San Ignacio	1 076	4. Sierra de San Francisquito-Oasis San Ignacio	4 263	265	25
104. Sierra San Pedro Mártir	3 428	1. San Pedro Mártir	6 209	1 985	58

Área de importancia para la conservación de las aves	AICAS (km²)	*Región hidrológica prioritaria*	RHP (km²)	*Sobre-posición* (km²)	RHP %
105. Sierra Juárez	5 706	1. San Pedro Mártir	6 209	768	14
105. Sierra Juárez	5 706	11. Delta del río Colorado	7 971	697	12
106. Delta del río Colorado	1 017	11. Delta del río Colorado	7 971	661	65
122. Bahía Lechugilla	662	19. Bahía de Ohuira-Ensenada del Pabellón	4 434	69	10
126. Sierra Madre Occidental	22 901	12. Subcuenca del río Asunción	6 696	3 700	16
126. Sierra Madre Occidental	22 901	13. Subcuencas de los ríos San Pedro y Sta. Cruz	2 811	2 806	12
126. Sierra Madre Occidental	22 901	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	966	4
127. Cuenca del río Yaqui	6 716	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	6 555	98
127. Cuenca del río Yaqui	6 716	17. Río Mayo	14 895	162	2
128. Álamos-Río Mayo	2 382	17. Río Mayo	14 895	2 245	94
128. Álamos-Río Mayo	2 382	18. Cuenca alta del río Fuerte	24 530	137	6
130. Zonas húmedas de Yavaros	388	17. Río Mayo	14 895	262	68
132. Basera-Sierra Tabaco-Río Bavispe	2 455	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	2 456	100
133. Janos-Nuevo Casas Grandes	991	33. Samalayuca	19 113	991	100
134. Sierra del Nido	4 019	36. Cuenca alta del río del Carmen	3 891	680	17
134. Sierra del Nido	4 019	37. Lago Bustillos	3 303	537	13
135. Mapimí	914	45. La India	13 480	577	63
135. Mapimí	914	46. El Rey	12 031	336	37
136. Laguna de Jaco	607	45. La India	13 480	47	8
136. Laguna de Jaco	607	46. El Rey	12 031	462	76
137. Sierra de Órganos	887	40. Río Nazas	35 037	34	4
138. Parte alta del río Humaya	4 354	20. Cuenca alta de los ríos Culiacán y Humaya	10 368	4 241	97
138. Parte alta del río Humaya	4 354	40. Río Nazas	35 037	24	0.6
139. Pielagos	1 076	21. Cuenca alta del río San Lorenzo-Minas de Piaxtla	14 287	1 051	98
139. Pielagos	1 076	40. Río Nazas	35 037	25	2
140. Estero de San José	130	10. Sierra de La Laguna y oasis aledaños	5 399	108	83
142. Oasis La Purísima y San Isidro	9	6. La Purísima	3 746	4	51
143. Oasis San Pedro de la Presa	0.9	8. Oasis San Pedro de la Presa-El Pilar-Las Pocitas	5 187	0.8	92
144. Oasis Punta San Pedro-Todos Santos	0.4	10. Sierra de La Laguna y oasis aledaños	5 399	0.5	107
146. Ensenada Pabellones	762	19. Bahía de Ohuira-Ensenada del Pabellón	4 434	366	48
147. Sistema lagunar Huizache-Caimanero	721	22. Río Baluarte-Marismas Nacionales	38 769	171	24
150. Centro de Veracruz	8 066	70. Cuenca oriental	4 959	595	7
150. Centro de Veracruz	8 066	77. Río La Antigua	2 708	2 286	28
151. Los Tuxtlas	1547	80. Los Tuxtlas	3 484	1 513	98
155. Sierra de Tabasco	619	83. Cabecera del río Tonalá	3 196	371	60
155. Sierra de Tabasco	619	91. Balancán	2 131	18	3
155. Sierra de Tabasco	619	92. Lacantún y tributarios	9 797	17	3
156. Pantanos de Centla	5 087	90. Laguna de Términos-Pantanos de Centla	12 686	4 876	96
157. Chimalapas	1 993	81. Cuencas media y alta del río Coatzacoalcos	11 039	676	34
157. Chimalapas	1 993	82. Cuencas media y alta del río Uxpanapa	2 980	2	0.1
157. Chimalapas	1 993	84. Chimalapas	1 705	892	45
159. Cerro Saybal-Cerro Cavahlna	39	89. Río Tulijá-Altos de Chiapas	4 184	5	14
160. Cordón Jolvit	21	89. Río Tulijá-Altos de Chiapas	4 184	20	97
163. Montes Azules	10 851	92. Lacantún y tributarios	9 797	7 444	69
165. Lagunas de Montebello	1 127	88. Comitán-Lagunas de Montebello	2 301	121	11
166. La Sepultura	857	32. Soconusco	9 315	6	0.7
166. La Sepultura	857	84. Chimalapas	1 705	30	4

Cuadro 17.4. *(continuación)*

Área de importancia para la conservación de las aves	AICAS (km²)	*Región hidrológica prioritaria*	RHP (km²)	*Sobre-posición* (km²)	RHP %
166. La Sepultura	857	86. La Sepultura-Suchiapa	2 397	52	6
167. El Ocote	494	85. Malpaso-Pichucalco	3 735	357	72
168. La Encrucijada	1 665	32. Soconusco	9 315	1 638	98
169. El Triunfo	2 142	32. Soconusco	9 315	1 348	63
169. El Triunfo	2 142	87. Motozintla	2 587	334	16
170. Laguna de Términos	7 500	90. Laguna de Términos-Pantanos de Centla	12 686	5 103	68
171. Calakmul	7 124	95. Sur de Campeche	7 073	1 192	17
171. Calakmul	7 124	96. Calakmul	4 171	3 078	43
171. Calakmul	7 124	97. Cabecera del río Champotón	1 719	272	4
171. Calakmul	7 124	110. Río Hondo	2 689	57	0.8
173. Los Petenes	1 161	102. Anillo de cenotes	16 215	1 029	89
174. Sierra de Ticul-Punto Put	15 106	99. Laguna Chichancanab	628	436	3
174. Sierra de Ticul-Punto Put	15 106	100. Cono Sur-Peto	1 077	1 066	7
177. Corredor central Vallarta-Punta Laguna	1 764	103. Contoy	2 787	343	19
177. Corredor central Vallarta-Punta Laguna	1 764	105. Corredor Cancún-Tulum	1 715	258	15
178. Isla Cozumel	733	106. Cozumel	486	486	66
179. Sian Ka'an	5 678	108. Sian Ka'an	5 517	3 788	67
179. Sian Ka'an	5 678	109. Humedales y lagunas de la bahía de Chetumal	3 230	823	15
180. Sur de Quintana Roo	3 221	96. Calakmul	4 171	661	21
180. Sur de Quintana Roo	3 221	110. Río Hondo	2 689	931	29
181. Sierra Anover	7	89. Río Tulijá-Altos de Chiapas	4 184	7	95
183. Ría Celestún	969	102. Anillo de cenotes	16 215	804	83
184. Ichka'Ansijo	861	102. Anillo de cenotes	16 215	785	91
185. Reserva estatal de Dzilam	980	102. Anillo de cenotes	16 215	958	98
186. Ría Lagartos	884	102. Anillo de cenotes	16 215	833	94
187. Yum-Balam	873	102. Anillo de cenotes	16 215	62	7
187. Yum-Balam	873	103. Contoy	2 787	468	54
191. Corredor laguna Bélgica-Sierra Limón-Cañón del Sumidero	648	85. Malpaso-Pichucalco	3 735	264	41
192. Cerro de Oro	674	78. Presa Miguel Alemán-Cerro de Oro	4 299	337	50
193. Uxpanapa	3 622	81. Cuencas media y alta del río Coatzacoalcos	11 039	747	21
193. Uxpanapa	3 622	82. Cuencas media y alta del río Uxpanapa	2 980	1 401	39
196. Laguna Pampa El Cabildo	2	32. Soconusco	9 315	2	95
197. Corredor Calakmul-Sian Ka'an	6 157	96. Calakmul	4 171	92	2
197. Corredor Calakmul-Sian Ka'an	6 157	108. Sian Ka'an	5 517	61	1
197. Corredor Calakmul-Sian Ka'an	6 157	109. Humedales y lagunas de la bahía de Chetumal	3 230	97	2
200. El Tacana	670	32. Soconusco	9 315	657	98
202. Presa Temascal	481	78. Presa Miguel Alemán-Cerro de Oro	4 299	481	100
203. Uyumuil C'eh	12	109. Humedales y lagunas de la bahía de Chetumal	3 230	12	100
205. Mesa de Guacamayas	195	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	42	22
205. Mesa de Guacamayas	195	33. Samalayuca	19 113	153	79
206. Sistema La Luna	243	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	89	37
207. Sistema Guasimas	178	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	38	22
208. Sistema Algodones	435	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	380	87
210. Cebadillas	164	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	163	100
210. Cebadillas	164	34. Lago Babícora	2 271	1	0.8
211. Maderas de Chihuahua	196	16. Río Yaqui-Cascada Bassaseachic	54 717	196	100

Área de importancia para la conservación de las aves	AICAS (km²)	*Región hidrológica prioritaria*	RHP (km²)	*Sobre-posición* (km²)	RHP %
212. Estero El Soldado	8	15. Cajón del Diablo	2 785	5	68
221. Laguna de Manialtepec	37	31. Río Verde-Laguna de Chacahua	8 347	35	95
222. Laguna de Chacahua-Pastoría	86	31. Río Verde-Laguna de Chacahua	83 47	45	52
223. Volcanes Iztaccíhuatl-Popocatepetl	930	67. Río Amacuzac-Lagunas de Zempoala	7 925	125	13
223. Volcanes Iztaccíhuatl-Popocatepetl	930	68. Remanentes de la cuenca de México	2 020	11	1
224. Subcuenca Tecocomulco	16	69. Llanos de Apan	2 185	16	100
226. Isla Tiburón-Estero Santa Cruz	2 225	14. Isla Tiburón-Río Bacoachi	10 027	1 273	57
227. Bahía Navachiste	1 012	19. Bahía de Ohuira-Ensenada del Pabellón	4 434	384	38
228. Bahía Santa María	1 651	19. Bahía de Ohuira-Ensenada del Pabellón	4 434	821	50
231. Sierra de San Carlos	973	71. Río San Fernando	4 541	257	27
234. Sierra Zapaliname	404	52. Cumbres de Monterrey	2 903	146	36
235. Delta del río Bravo	1 496	42. Río Bravo Internacional	32 933	347	23
236. Rancho Los Colorados	67	73. Cenotes de Aldama	5 014	66	100
237. Pericos	2 578	20. Cuenca alta de los ríos Culiacán y Humaya	10 368	859	33
238. Oasis Mulegé	0.5	5. Mulegé-Sta. Rosalía	2 422	0.5	86
240. Pericos-Parte alta del río Humaya	485	20. Cuenca alta de los ríos Culiacán y Humaya	10 368	485	100
243. Presa Temascal-Cerro de Oro	125	78. Presa Miguel Alemán-Cerro de Oro	4 299	125	100
244. Cerro de Oro-Sierra Norte	677	78. Presa Miguel Alemán-Cerro de Oro	4 299	0.7	0.1

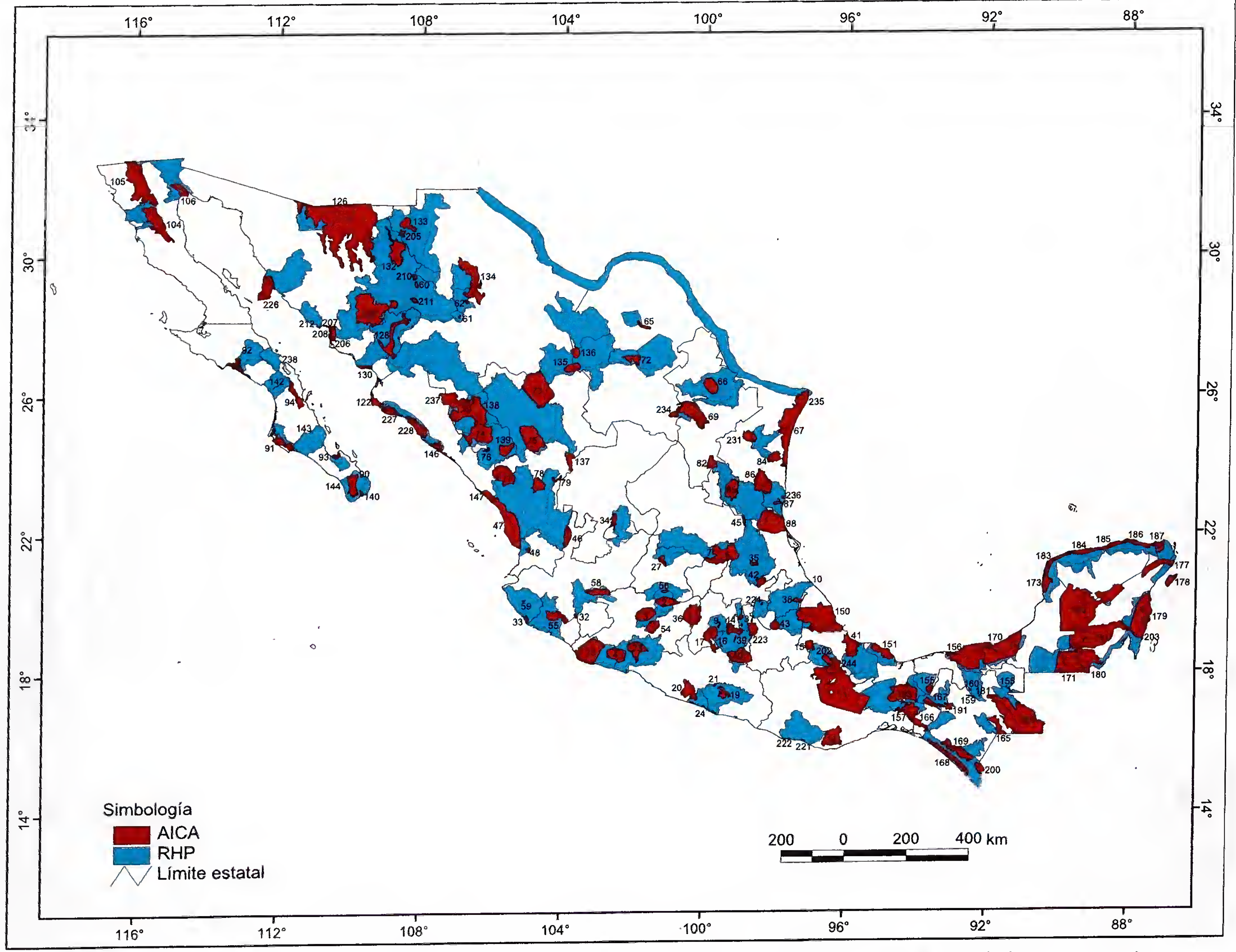


Figura 17.3. Regiones hidrológicas prioritarias (RHP) y áreas de importancia para la conservación de las aves (AICAS) (Conabio, 1998b; Cipamex y Conabio, 1999)

ANEXOS

1. FICHA TÉCNICA

I. Información general e hidrografía
1. Clave.
2. Nombre de la región hidrológica de trabajo.
3. Estado.
4. Nombre del área identificada en el taller.
5. Localización geográfica (coordenadas).
6. Extensión del área.
7. Principales recursos hídricos lénticos (lagos, lagunas, presas, etc.).
8. Principales recursos hídricos lóticos (ríos, arroyos, etc.).
9. Aguas subterráneas.

II. Caracterización limnológica básica
1. Área y volumen.
2. Gasto (en caso de lóticos).
3. Conductividad, salinidad u otro indicador del contenido de sólidos totales disueltos.
4. Cualquier otro dato ambiental relevante (pH, OD, temperatura, nutrimentos, alcalinidad, DBO, DQO).

III. Aspectos climáticos
1. Tipo de clima(s).
2. Precipitación.
3. Evaporación/evapotranspiración (mm).
4. Vientos predominantes (velocidad y dirección).

IV. Aspectos geológicos/edáficos
1. Tipos de suelo predominantes.
2. Rasgos topográficos.
3. Uso de suelo predominante.

V. Características generales
1. Principales poblados.
2. Actividades económicas principales.
3. Industrias principales.
4. Indicadores de calidad de agua (ICA, estado trófico, estado saprobio u otros).

VI. Aspectos bióticos
1. Tipos de comunidades predominantes.
2. Producción primaria y secundaria (clorofila, carbono, biomasa).
3. Vegetación terrestre predominante.
4. Pesquerías (se indican las especies principales).

2. DIRECTORIO DE PARTICIPANTES EN LOS TALLERES

Ing. Vicente Aguilar Osuna
Subgerencia Técnica
Comisión Nacional del Agua
5 de Febrero y Chiapas
23040 La Paz, Baja California Sur
Tel. (112) 28 187 y 20 759
vao@cromwell.lapaz.mx

Dr. Javier Alcocer Durand
Laboratorio de Limnología
ENEP-Iztacala, UNAM
Av. de los Barrios s/n
Col. Los Reyes Iztacala
54090 Tlalnepantla, Edo. de México
Tel. 5623 1292 y 96
Fax 5390 7604
jalcocer@servidor.unam.mx

Biól. David Alonso Parra
Coordinador de Programas de Conservación en Yucatán
Ducks Unlimited de México, A.C. (DUMAC)
Calle 59-180
Fracc. Francisco de Montejo
97200 Mérida, Yucatán
Tel. y Fax (99) 46 8684

Dr. Fernando Álvarez Noguera
Departamento de Zoología
Instituto de Biología, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
Ap. Postal 70-153
04510, México, D.F.
Tel. 5622 5706 ext. 315
falvarez@servidor.unam.mx

Dr. Héctor Arias
Gabinete de Estudios Ambientales, A.C.
Navarrete 125 Local 21
Col. Verde Valle
83190 Hermosillo, Sonora
Tel. (62) 18 8827

M. en C. Fernando Bernal Brooks
Centro Regional de Investigaciones Pesqueras
Unidad Pátzcuaro
Calzada Ibarra 28, Col. Ibarra
61600 Pátzcuaro, Michoacán
Tel. y Fax (434) 2 1184
bbrooks@jupiter.ccu.umich.mx

Geóg. Jorge E. Brena Zepeda
Geomática
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
Paseo de Cuauhnáhuac 8532,
Col. Progreso
62550 Jiutepec, Morelos
Tel. (73) 19 4000

Dr. Joaquín Bueno Soria
Departamento de Zoología
Instituto de Biología, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
Ap. Postal 70-153
04510, México, D.F.
México
Tel. 5622 5716
bueno@servidor.unam.mx

M. en C. Mauricio Cervantes
Wetlands International
Pez Espada núm. 178
Col. Villa de Miramar
85400 Guaymas, Sonora
Tel. (622) 113 81
Fax (622) 113 82
mcervant@campus.gym.itesm.mx

Ing. Enrique Cisneros Tello
Martín de Zavala 115
Fracc. Agua Azul
25030 Saltillo, Coahuila
Tel. (84) 14 6724

Dr. Atilano Contreras
Departamento de Zoología
Instituto de Biología, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
Ap. Postal 70-153
04510, México, D.F.
Tel. 5622 5704 ext. 286 y 287
atilano@mail.ibiologia.unam.mx

Dr. Salvador Contreras Balderas
Bioconservación, A.C.
Jesús Solís 1504, Col. Los Nogales
Ap. Postal 504
San Nicolás de los Garza
66417 Monterrey, Nuevo León
Tel. y Fax (8) 313 1641
scontrer@ccr.dsi.uanl.mx

Dra. Guadalupe de la Lanza
Laboratorio de Química y Productividad Acuática
Departamento de Zoología
Instituto de Biología, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
Tel. 5622 5716
gdlle@servidor.unam.mx

Dr. Miguel Equihua
Secretario Académico
Instituto de Ecología, A.C.
Km. 2.5 antigua carretera a Coatepec
91000 Xalapa, Veracruz
Tel. (28) 42 1800 ext. 2000 y 2001
Fax (28) 18 6209 ext. 2002

Ing. Óscar Escolero
Instituto de Geofísica, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
04510 México, D.F.
Tel. 5622 4212
Fax 5550 2486
gasemh@supernet.com.mx

Biól. Héctor Espinosa Pérez
Laboratorio de Ictiología
Departamento de Zoología
Instituto de Biología, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
Ap. Postal 70-153
04510 México, D.F.
Tel. 5622 5703 ext. 277
hector@servidor.unam.mx

Dr. Francisco Flores Verdugo
Laboratorio de Lagunas Costeras
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM
Estación Mazatlán
Explanada de la Azada y Cerro del Crestón s/n
82240 Mazatlán, Sinaloa
Tel. (69) 85 2845-48
Fax (69) 82 5546
verdugo@ola.icmyl.unam.mx

Dr. Óscar Flores Villela
Museo de Zoología
Facultad de Ciencias, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
04510 México, D.F.
Tel. 5622 4825 y 32
Fax 5622 4828
ofv@hp.fciencias.unam.mx

Biól. Patricia Fuentes Mata
Dirección General de Evaluación y Manejo de los Recursos Pesqueros
Instituto Nacional de la Pesca, Semarnap
Pitágoras 1320-4o. Piso
Col. Santa Cruz Atoyac
03310 México, D.F.
Tel. y Fax 5604 2352

Dr. Juan Antonio García Aragón
Laboratorio de Modelos Hidráulicos
Facultad de Ingeniería
Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA)
Universidad Autónoma del Estado de México
Cerro de Coatepec, C.U.
50130 Toluca, Estado de México
Tel. (272) 96 5550

Dra. Isabel García Coll
Planeación, Desarrollo y Recuperación Ambiental (PLADEYRA)
Allende 124-Desp. D-1
91000 Xalapa, Veracruz
Tel. y Fax (28) 18 6865 y 12 3892

M. en C. José Luis García Calderón
Laboratorio de Geología y Limnología
Departamento de Hidrobiología
UAM-Iztapalapa
Av. Michoacán y Purísima s/n
Col. Vicentina
09340 México, D.F.
Tel. 5804 4744
jlgc@xanum.uam.mx

M. en C. José Luis Godínez
Laboratorio de Ficología
Departamento de Botánica
Instituto de Biología, UNAM
Ciudad Universitaria
04510 México, D.F.
Tel. 5622 9114
jlgo@servidor.unam.mx

Biól. Ignacio González
Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua
Comisión Nacional del Agua
Av. San Bernabé 549
Col. San Jerónimo Lídice
10200 México, D.F.
Tel. 5683 1740

M. en C. Francisco González Medrano
Departamento de Botánica
Instituto de Biología, UNAM
Ciudad Universitaria
Ap. Postal 70-153
04510 México, D.F.
Tel. 5622 9096
Fax 5622 9093
gmedrano@ibiologia.unam.mx

Dr. Manuel Guzmán Arroyo
Director del Instituto de Limnología
Universidad de Guadalajara
Codornices 50
Fracc. Chapala Haciendas
45900 Chapala, Jalisco
Tel. y Fax (3) 765 3269

Dra. Lucina Hernández
Instituto de Ecología, A.C.
Km. 5 carretera a Mazatlán
esq. con Blvd. Los Remedios s/n
34100 Durango, Durango
Tel. (18) 12 1483 y 12 2394
Fax (18) 12 3632
lucina@omanet.com.mx

M. en C. Enrique Kato Miranda
Centro de Investigación y Asesoría Tecnológica en Cuero y Calzado, A.C. (CIATEC)
Omega 201
Fracc. Industrial Delta
33540 León, Guanajuato
Tel. (47) 10 0011 ext. 153

Dr. Manuel Maass Moreno
Instituto de Ecología, UNAM
Campus Morelia
Antigua carretera a Pátzcuaro 8701
Col. Ex-Hacienda San José de la Huerta
58190 Morelia, Michoacán
Tel. y Fax (43) 20 0551

Dr. Luis E. Marín Stillman
Instituto de Geofísica, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
04510 México, D.F.
Tel. 5622 4212
Fax 5550 2486
lmarin@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Dra. Marisa Mazari
Instituto de Ecología, UNAM
Ap. Postal 70-275
04510 México, D.F.
Tel. 5622 8998
Fax 5622 8995

Dra. María Esther Meave
Departamento de Hidrobiología
UAM-Iztapalapa
Av. Michoacán y Purísima s/n
Col. Vicentina
09340 México, D.F.
Tel. 5804 6475
mem@xanum.uam.mx

Dr. Carlos Montaña
Instituto de Ecología, A.C.
Antigua carretera a Coatepec Km. 2.5
91000 Xalapa, Veracruz
Tel. (28) 42 1800

Dr. Álvaro Muñoz Mendoza
Coordinación de Tecnología Hidráulica
Instituto Mexicano de Tecnología
del Agua (IMTA)
Paseo Cuauhnáhuac 8532
Col. Progreso
62550 Jiutepec, Morelos
Tel. (73) 19 4000 ext. 700
Fax (73) 20 8904
alvaromm@tlaloc.imta.mx

Dra. Edna Naranjo García
Departamento de Zoología
Instituto de Biología, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
Ap. Postal 70-153
04510, México, D.F.
Tel. 5622 5700 ext. 277

Dr. Adolfo G. Navarro
Museo de Zoología
Facultad de Ciencias, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
04510 México, D.F.
Tel. 5622 4832
Fax 5622 4828

Dr. Alejandro Novelo
Departamento de Botánica
Instituto de Biología, UNAM
Ciudad Universitaria
04510 México, D.F.
Tel. 5622 9128
lanovelo@servidor.unam.mx

M. en C. Araceli Orbe
Centro Regional de Investigaciones
Pesqueras
Unidad Pátzcuaro
Calzada Ibarra 28, Col. Ibarra
61600 Pátzcuaro, Michoacán
Tel. y Fax (434) 2 1184

Dr. Federico Páez Ozuna
Laboratorio de Geoquímica
Instituto de Ciencias del Mar
y Limnología, UNAM
Estación Mazatlán
Explanada de la Azada y Cerro
del Crestón s/n
82240 Mazatlán, Sinaloa
Tel. y Fax (69) 85 5546

Dr. Roberto Rico
Centro Básico
Departamento de Química
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad 940
20100 Aguascalientes, Aguascalientes
Tel. (49) 12 3345 ext. 335
Fax (49) 14 7206
rrico@correo.uaa.mx

Dr. Ricardo Rodríguez Estrella
Centro de Investigaciones Biológicas
del Noroeste, S.C.
Mar Bermejo 195
Col. Playa Palo Santa Rita
23090 La Paz, Baja California Sur
Tel. (112) 5 3633 ext. 3329
estrella@cibnor.mx

Mtro. Fernando Rosete Verges
Ordenamiento Ecológico Regional
Instituto Nacional de Ecología, Semarnap
Av. Revolución 1425 Mezanine
Col. Tlacopac, San Ángel
01040 México, D.F.
Tel. 5624 3382 y 5624 3377
Fax 5624 3358

Biól. Alejandro Ruiz López
Coordinación de Tratamiento y Calidad
del Agua
Instituto Mexicano de Tecnología
del Agua (IMTA)
Paseo Cuauhnáhuac 8532
Col. Progreso
62550 Jiutepec, Morelos
Tel. (73) 19 4000 ext. 401 y 19 4220
Fax (73) 19 4281
ajruiz@chac.imta.mx

Dr. Juan Jacobo Schmitter-Soto
Departamento de Ecología Acuática
El Colegio de la Frontera Sur
Zona Industrial Núm. 2
Km. 2 carretera Chetumal-Bacalar
77000 Chetumal, Quintana Roo
Tel. (983) 2 0115 y 2 1666 ext. 30
Fax (983) 2 0447
jschmit@ecosur-qroo.mx

Biól. Magdalena Tavera Alonso
Tecnológico de Monterrey
Campus Tampico
Tampico, Tamaulipas
Tel. y Fax (12) 27 4254

Dra. Rosa Luz Tavera Sierra
Laboratorio de Ficología
Facultad de Ciencias, UNAM
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria
Ap. Postal 70-620
04510 México D.F.
Tel. 5622 4837
Fax 5622 4828
rts@hp.fciencias.unam.mx

M. en C. Roberto Torres Orozco
Departamento de Hidrobiología
Laboratorio de Geología y Limnología
UAM-Iztapalapa
Av. Michoacán y Purísima s/n
Col. Vicentina
Ap. Postal 55-535
09340 México D.F.
Tel. 5804 4600 ext. 2525 y 5804 4744

Biól. Leonardo Varela Espinosa
Instituto de Ecología, UNAM
Campus Sonora
Blvd. Colosio y Sahuaripa s/n
Col. Los Arcos
83250 Hermosillo, Sonora
Tel. (62) 13 9303
leove@hotmail.com

GLOSARIO

Acidificación: incremento de la concentración de iones de hidrógeno, comúnmente expresado como pH, en algún tipo de ambiente.

Acuático: organismos que crecen, viven o frecuentan el agua.

Acuícola: referente al cultivo de organismos acuáticos.

Acuífero: a) formación geológica subterránea capaz de contener y transmitir agua en cantidades económicamente significativas; b) capa o estrato poroso que contiene agua; de roca permeable, arena, grava o rocas fracturadas capaz de proporcionar cantidades apreciables de agua, y c) formaciones de rocas que dejan mover el agua a través de ellas en condiciones normales y son capaces de suministrarla por gravedad o por bombeo. Generalmente está compuesto por capas de grava, arena o aluvión enterradas, aunque rocas fracturadas pueden también formar el acuífero.

Acuicultura: biotecnia que maneja al menos una de las fases del ciclo de vida de los organismos acuáticos además de las actividades de cosecha o captura.

Aeróbico: proceso metabólico que requiere oxígeno libre para llevarse a cabo.

Agua contaminada: significa que la calidad del agua ha sido degradada o alterada de alguna manera por actividades humanas.

Agua dulce: agua con una concentración de sales menor que 3g/l (0.3%); en este trabajo se refiere a ríos, arroyos, lagos, pozos, cenotes y otros.

Agua epicontinental: se refiere al agua que se encuentra sobre los continentes.

Agua residual: agua contaminada, no purificada, proveniente de las unidades industriales y urbanas; incluye el agua de lluvia que se contamina en el drenaje urbano.

Agua salobre: agua cuya salinidad está por encima del agua dulce sin alcanzar la concentración salina del agua de mar (es decir, entre 1 000 y 35 000 mg/l).

Agua subterránea: se refiere al agua que se encuentra en el manto freático por debajo de la superficie del suelo.

Agua superficial: toda el agua expuesta naturalmente a la atmósfera (ríos, lagos, depósitos, estanques, charcos, arroyos, represas, mares y estuarios, entre otros) y todos los manantiales, pozos u otros recolectores directamente influenciados por aguas superficiales.

Algas: plantas acuáticas micro y macroscópicas que realizan la fotosíntesis por medio de pigmentos verdes (Chlorophyta), rojos (Rhodophyta), amarillos o cafés (Phaeophyta). Pueden estar formadas por una o varias células; las talofitas son de consistencia gelatinosa, membranosa o coriácea y viven en aguas dulces, salobres o marinas.

Aluvial: acarreado por el agua.

Ambiente: conjunto de características del medio en que viven los organismos.

Anóxico: carente de oxígeno.

Antropogénico: cambios en la naturaleza o en algún sistema natural provocados por el hombre.

Área de distribución: conjunto de localidades en que se encuentra representado un determinado grupo de organismos.

Área protegida: se refiere a un área definida geográficamente y que se designa legalmente como zona que debe ser regulada y administrada para alcanzar objetivos específicos de conservación.

Autoecología: rama de la ecología que se ocupa del efecto que ejerce el entorno sobre un solo individuo.

Autótrofo: organismo capaz de captar la energía luminosa y transformarla en energía química o en moléculas orgánicas.

Avenidas: caudal de agua de grandes proporciones que se presenta en un lapso muy corto.

Azolvar: rellenar con materiales acarreados por corrientes de agua.

Batimetría: medida de la profundidad en los cuerpos de agua y estudio topográfico de su piso.

Bentónico: organismo que se desarrolla en íntima relación con el fondo de un cuerpo de agua.

Bentos: conjunto de los organismos que viven y se desarrollan, por lo menos en una etapa de su ciclo de vida, sobre, en o asociados al sustrato o fondo de un cuerpo de agua, como lagos, ríos y mares.

Bien público: un bien que, una vez que se provee a un usuario, debe proveerse en la misma cantidad a todos los usuarios debido a su propia naturaleza no exclusiva.

Biodiversidad: comprende todos los tipos de variabilidad biológica: riqueza de especies, abundancia, funciones y procesos ecológicos que desarrollan los seres vivos dentro de los ecosistemas, y variabilidad genética. Asimismo, comprende la diversidad cultural estrechamente relacionada con la diversidad biológica como resultado de su interacción con el ambiente que a su vez resulta modificado por dicha interacción (Sarukhán, 1992; Solbrig, 1992).

Biomasa: cantidad de materia viva. Se expresa comúnmente como peso seco o húmedo por unidad de superficie o volumen.

Biosfera: porción de la atmósfera, hidrosfera y litosfera donde existe la vida.

Biota: conjunto de seres vivos que pueblan una región dada o un medio cualquiera.

Biótico: perteneciente a organismos vivientes.

Bolsón: cuenca endorreica característica de regiones de clima árido.

Bordo: reservorio natural o artificial, temporal o permanente, con una cortina rústica generalmente de mampostería y una alta carga de sólidos y materia orgánica en suspensión que le dan un aspecto turbio.

Cadena de detritos: flujo de energía en un ecosistema a partir de materia orgánica en descomposición.

Cambio climático global: aumento de la temperatura promedio mundial ocasionado por el incremento en la concentración de bióxico de carbono y otros gases de invernadero producidos por actividades humanas.

Cianofita: cianobacterias también denominadas algas verdeazules que carecen de un núcleo definido y son capaces de fijar el nitrógeno molecular.

Cinegético: relativo al arte o deporte de la caza.

Cladócero: tipo de crustáceo del suborden Cladocera, llamado comúnmente pulga de agua. Es muy común en las aguas epicontinentales.

Clima: se define como el conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio de la atmósfera de un lugar de la Tierra, en un periodo mínimo de diez años. Lo constituyen básicamente la temperatura, el régimen de lluvias, la dirección y fuerza del viento, la humedad relativa, la insolación, la presión atmosférica y la nubosidad.

Comunidad: todos los organismos de diferentes especies que coexisten en un hábitat dado y que interactúan mediante relaciones espaciales y tróficas.

Cono volcánico: montículo cónico formado por la acumulación de los materiales piroclásticos arrojados por un volcán en sus inmediaciones.

Conservación: utilización racional de los recursos naturales, involucra el mantenimiento de poblaciones animales y vegetales viables, en intervalos de tiempo ecológico.

Contaminación: alteración al ambiente hecha o inducida por el hombre al liberar al medio sustancias, en cantidades que sobrepasan los niveles normales en los que se encuentran en la naturaleza y que causan efectos negativos sobre los seres humanos, los animales, la vegetación o los materiales del mismo.

Contaminante: es toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural altera o modifica su composición y condición natural.

Copépodo: crustáceo que abunda en el plancton cuyas dimensiones van de 0.5 a 10 milímetros. Pueden ser bentónicos y parásitos.

Cortina: barrera que se construye para represar una o varias corrientes.

Costos ambientales: son los costos vinculados con el deterioro actual o potencial de los bienes naturales debido a las actividades económicas.

Crítico: se refiere a un estatus de conservación caracterizado por una probabilidad baja de que el hábitat se mantenga intacto.

Crustáceo: organismo del *phylum* Artropoda de origen acuático, que presenta, en al menos una parte de su ciclo de vida, un cuerpo segmentado cubierto por un exoesqueleto.

Cuenca hidrológica: es un espacio físico-geográfico perfectamente definido por sistemas topográficos y geológicos que permiten delimitar territorialmente una superficie de drenaje común en donde interactúan los sistemas físico-bióticos y socio-económicos.

Degradación: modificaciones radicales en todos los componentes naturales de un lugar. Efectos negativos de las actividades humanas sobre la capacidad de los ecosistemas de mantener viables los procesos ecológicos y las poblaciones, dentro de sus rangos naturales de variación, y resistentes y elásticos a la perturbación.

Desarrollo sustentable: proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas y que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de los recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Deforestación: destrucción de los bosques de manera tal que se torna imposible su reproducción natural.

Deterioro ambiental: modificaciones radicales de las condiciones ecológicas naturales.

Disturbio: alteración del hábitat o de cualquiera de sus partes (vegetación, suelo, agua) producida directa o indirectamente por el hombre.

Ecosistema: complejo dinámico de comunidades vegetales, animales, hongos y microorganismos y su medio físico asociado, que interactúan como una unidad funcional.

Embalse: reservorio, presa.

Endémico: especie restringida a una región, hábitat o localidad específica; si sólo se encuentra en una país se trata de un endemismo nacional.

Endorreico: se aplica al sistema de drenaje de una cuenca que impide que las aguas que escurren tengan salida hacia el mar.

Equilibrio ecológico: estabilidad del ecosistema.

Erosión: proceso de remoción y transporte de partículas de suelo por el viento, agua, glaciares u otros.

Escurrimiento: parte del agua de lluvia, nieve derretida o agua de riego que fluye por la superficie terrestre y finalmente regresa a los arroyos.

Especie exótica: aquélla que se encuentra en un área o región fuera de su rango histórico conocido y que ha sido introducida intencional o accidentalmente por el hombre en una localidad. Se le conoce también como especie introducida o especie no nativa.

Especie extirpada: se refiere a una especie que desapareció de una localidad o región.

Especie nativa: especies de flora, fauna, hongos y microorganismos que ocurren de manera natural y son componentes de un área o región particular.

Especies en peligro de extinción: clasificación que corresponde a especies cuya sobrevivencia es remota en tanto los factores causales de su deterioro continúen en operación. Se incluyen aquéllas cuyo número ha sido reducido a un estado crítico o tan drásticamente que son consideradas en peligro inmediato de extinción.

Especies raras: especies de poblaciones mundialmente pequeñas que en el presente no están amenazadas o no son vulnerables pero que por su tamaño pueden correr esos riesgos. Estas especies se localizan en áreas geográficamente restringidas o hábitats específicos o están escasamente dispersas a gran escala.

Especies vulnerables: aquéllas ubicadas en la categoría de "amenazadas" en el futuro cercano si los factores causales de su deterioro continúan operando. Se incluyen las especies cuyas poblaciones están disminuyendo debido a la sobrexplotación, a la amplia destrucción del hábitat u otros disturbios ambientales; se incluyen también las poblaciones que han sido seriamente reducidas y cuya seguridad no se ha logrado, y las poblaciones que son aún abundantes pero que están bajo los efectos de factores adversos en toda su gama.

Especies y subespecies amenazadas: especies o subespecies que podrían encontrarse en peligro de extinción si siguen operando factores que ocasionan el deterioro o modificación del hábitat o factores que disminuyan sus poblaciones.

Estándar de calidad de agua: se refiere a las características físicas, químicas y biológicas del agua, a las que se asignan valores que sirven de indicadores en relación a un uso específico.

Estratificación térmica: separación térmica de una columna de agua en dos o tres capas o estratos.

Eutrofía: representa una etapa de sucesión ecológica caracterizada por la presencia de agua rica en nutrientes inorgánicos y elevada producción primaria.

Eutroficación: proceso de enriquecimiento o contaminación generado por actividades humanas como la agricultura, la industria y la urbanización al liberar cantidades excesivas de nutrientes mediante aguas residuales o negras, a los ecosistemas acuáticos en forma de nitratos y fosfatos.

Externalidades: concepto económico que se aplica a los costos y beneficios atribuibles a una actividad económica y que no están incluidos en el precio de los bienes o servicios reproducidos. Es el propósito del principio "el que contamina paga", que requiere a los contaminadores evitar la contaminación o remediar sus efectos.

Extinción: se refiere a la terminación de cualquier linaje de organismos, desde subespecie hasta especie y categorías taxonómicas superiores (de género a *phylum*). La extinción puede ser local, en donde una o más poblaciones de una especie u otra categoría desaparecen de un lugar o puede ser total (global), en que desaparecen todas las poblaciones.

Factor limitante: es todo factor cuya concentración mínima determina la abundancia y distribución de los organismos con base en su tolerancia a los mismos (p. ej., temperatura, salinidad y concentración de nutrientes).

Fauna silvestre: las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domésticos que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación.

Fenómenos naturales: fenómenos físicos que se presentan en la Tierra y que repercuten en la biosfera, modificando temporalmente las condiciones naturales de los diversos sistemas ecológicos que se ven afectados, como huracanes, tormentas tropicales, mareas rojas, heladas y sequías.

Fitoplancton: organismos microscópicos fotosintetizadores que habitan suspendidos en el agua.

Flora silvestre: las especies vegetales y de hongos que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones o especímenes que se encuentran bajo control del hombre.

Fragmentación: proceso por el cual los hábitats son subdivididos en unidades más pequeñas, separadas, aisladas o semiaisladas, como resultado de cambios de uso del suelo.

Freático: referente al subsuelo. Frecuentemente se alude a las aguas subterráneas provenientes por lo común de la infiltración del agua de lluvia como mantos freáticos.

Galería, bosque o vegetación de: bosque o vegetación característico de las orillas o vegas de ríos o arroyos.

Gasterópodo: animal caracterizado por poseer una concha.

Germoplasma vegetal: material genético contenido en las semillas y órganos de las plantas del que dependen los factores hereditarios y la reproducción de las mismas.

Gipsófilo: calificativo ecológico de las plantas y las comunidades vegetales adaptadas a suelos yesosos.

Hábitat: el espacio utilizado por un organismo junto con los que coexiste, además de los elementos del paisaje y climáticos que lo afectan; el lugar donde un animal o una planta vive y se reproduce normalmente.

Halófilo: calificativo que se aplica a las plantas o comunidades adaptadas a medios salinos.

Harpacticoides: orden de copépodos en forma de arpa que habitan en el sustrato.

Hidrófilo: calificativo ecológico de plantas adaptadas a vivir en o cerca de cuerpos de agua.

Hidrosfera: parte acuosa de la Tierra. Se sitúa entre la atmósfera y la litosfera e incluye el conjunto de las aguas de los océanos, mares y continentes. Cubre 70.8% de la superficie terrestre y 3.6% de éste lo representan los mares y océanos, 4% las aguas subterráneas, 2% el hielo y la nieve, y 0.4% las aguas superficiales de tierra firme (lagos, ríos y pantanos).

Hectárea: medida de superficie que abarca 10 000 m^2.

Heterótrofo: organismo que obtiene energía y materiales nutritivos de otros organismos.

Hidroelectricidad: es la energía eléctrica obtenida mediante el aprovechamiento de las corrientes y caídas de agua cuya energía potencial es transformada en energía hidráulica, con la cual se genera energía mecánica (turbinas) que sirve para producir energía eléctrica.

Hidrología: ciencia que estudia los fenómenos y procesos que transcurren en la hidrosfera. Se subdivide en hidrología superficial, hidrogeología y oceanología. En cada caso, estudia el régimen y el balance hídricos, la dinámica del agua, los procesos termales y las sustancias agregadas. Estudia, también, el ciclo del agua en la naturaleza, la influencia de la actividad humana sobre el mismo y su evolución en determinados territorios y en la tierra en conjunto.

Hipolimnion: se refiere a la región más profunda de los lagos térmicamente estratificados (debajo del metalimnion) la cual se extiende al fondo del lago. En los lagos eutróficos, esta capa inferior del agua es anóxica y está cargada con materiales tóxicos y en descomposición.

Ictiofauna: fauna de peces.

Impacto: acción que afecta positiva o negativamente los recursos presentes en un área de los que se hace algún uso o explotación.

Impacto ambiental (manifestación de): documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

Infiltración: penetración del agua a través de la superficie terrestre hacia el subsuelo.

Kárstico: se aplica al modelado peculiar del relieve que se origina por la disolución de roca caliza.

Lago-cráter: cuerpo de agua que se ha formado en la depresión de un cono volcánico.

Laguna costera: depresión somera semiaislada de las aguas oceánicas costeras por barras de are-

na. Son comunes en planicies costeras de poca pendiente y con depositación activa, y están restringidas a zonas donde los intervalos de marea son menores a cuatro metros.

Léntico: ambiente lacustre de aguas "estancadas" o sin movimiento.

Lodos: semisólidos que resultan de los procesos de tratamiento de las aguas residuales o de las aguas negras.

Lótico: ambiente fluvial caracterizado por un movimiento horizontal de la columna de agua.

Maars: lago de origen volcánico que ocupa la depresión que se originó por la explosión de una cámara magmática.

Manglar: ecosistema de bosque tolerante a la sal que se encuentra en ambientes tropicales y subtropicales de estuarios, lagunas costeras y playas de baja energía, con sustratos lodosos y pobres en oxígeno; está compuesto por especies de mangle, además de numerosas especies de flora y fauna asociadas a ellas.

Manto freático: capa saturada de un acuífero libre. Ver zona de saturación.

Marisma: área somera adyacente al mar o a una laguna costera, cubierta de vegetación tolerante a altas concentraciones de sal y asociada directamente a la dinámica de las mareas. Durante el estiaje, la evaporación es mayor que el suministro de agua, por lo que casi no existe vida animal; sin embargo, en la temporada de lluvias se desarrolla una gran diversidad de organismos, principalmente postlarvas y juveniles.

Metales pesados: metales potencialmente tóxicos, utilizados en procesos industriales, como arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, níquel y zinc. Suelen acumularse en la cadena alimenticia.

Mezquital: comunidad vegetal caracterizada por la dominancia del mezquite *Prosopis* spp.

Microelementos: elementos que se presentan en los organismos en cantidades muy pequeñas, como el plomo, la plata, el zinc, el níquel, el cobalto y el manganeso. Algunos microelementos son esenciales para los procesos de la vida y otros son perjudiciales para ellos; sin embargo, aún los elementos benéficos se vuelven tóxicos al incrementar sus concentraciones.

Mitigación: reducción del grado de intensidad de la contaminación a través de varios medios.

Molusco: organismo invertebrado, no segmentado y cefalizado. La porción ventral del cuerpo posee una estructura musculosa que emplea para la locomoción.

Monitoreo: proceso programado de muestreo o medición y registro subsecuente o señalización, o ambos, de varias características del medio ambiente, frecuentemente con el fin de hacer una estimación conforme a objetivos especificados.

Nemátodo: organismo animal de cuerpo elongado, cilíndrico, no segmentado llamado comúnmente gusano.

Nivel freático o espejo de agua: plano horizontal definido por el límite de la capa de tierra totalmente saturada con agua. Debajo del nivel freático, todos los espacios están llenos de agua; arriba de él, algunos espacios están vacios permitiendo que el agua escurra a través de los mismos. Determina la posición del nivel estático y está relacionado con la elevación de la superficie de los pantanos, lagos y corrientes permanentes e incluso con la contaminación de las aguas subterráneas.

Nutrientes: compuestos inorgánicos, orgánicos o iones, que son utilizados principalmente en la fotosíntesis de los productores primarios y que son esenciales para asegurar el desarrollo de plantas y animales.

Oligotrófico: cuerpo de agua cuya concentración de nutrientes y productividad primaria son bajos.

Ordenamiento ecológico: instrumento de política ambiental cuyo fin es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas para lograr la protección del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales mediante su aprovechamiento sustentable, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

Ostrácodo: crustáceo de la subclase Ostracoda cuyos individuos son no segmentados, comprimidos lateralmente y encerrados en una concha bivalva. Pueden ser bentónicos o planctónicos.

Oxidación: literalmente es la presencia o relación con el oxígeno. En un sentido más amplio, cualquier incremento de la valencia causado por la pérdida de uno o más electrones.

Oxígeno disuelto (OD): cantidad de oxígeno en forma de gas presente en el agua.

Palmar: comunidad vegetal en la que dominan miembros de la familia Palmae.

Pantano: tipo de terreno húmedo con agua estancada permanentemente o por un periodo de tiempo considerable y que tiene una cubierta densa de vegetación nativa. Los pantanos pueden ser de agua dulce o salobre y con marea o sin ella.

Pastizal: vegetación con predominancia de gramíneas.

Pecuario: relativo a la ganadería.

Perenne: duradero.

Perturbación: cualquier evento en el tiempo que modifica la estructura del ecosistema, comunidad o población y cambia los recursos naturales presentes, la disponibilidad del sustrato o el ambiente físico.

pH: índice usado para la expresión cuantitativa de la concentración de iones de hidrógeno que determina la acidez o de la alcalinidad de una solución acuosa.

Planicie costera: extensión de tierra situada entre el mar y las zonas altas, generalmente de baja elevación, en la que los sedimentos son de aluvión y con vegetación variada. Frecuentemente albergan sistemas lacustres.

Planicie aluvial: llanura o valle formado por depósitos acarreados por corrientes fluviales.

Plaguicidas: la Ley de Sanidad Fitopecuaria de México los define como "toda sustancia, en cualquier estado físico que se emplee destinada a la prevención o combate de las plagas y enfermedades" transmisibles como la malaria, fiebre amarilla, enfermedad de chagas, dengue y otras.

Población: en biología, cualquier grupo de organismos que pertenecen a la misma especie y que se encuentran en el mismo lugar y tiempo (Wilson, 1988).

Popal: tipo de vegetación herbácea de hojas anchas que se desarrolla en lugares pantanosos con agua permanentemente estancada de alrededor de un metro de profundidad.

Presa: estructura que se construye para represar una corriente. Se emplea también para designar al embalse o reservorio.

Preservación: el mantenimiento de alguno o de todos los componentes de la biodiversidad en condiciones estrictamente naturales.

Principio precautorio: cuando los costos de las actividades humanas actuales sean inciertos, es decir, potencialmente altos y/o irreversibles, el principio precautorio sostiene que la sociedad debe evitar cualquier actividad al respecto antes de que se resuelva la incertidumbre a favor o en contra.

Procesos ecológicos: conjunto complejo de interacciones entre animales, plantas y su ambiente, que aseguran el mantenimiento de la biodiversidad total de un ecosistema, lo que incluye procesos como el ciclo de nutrientes, la migración y la dinámica poblacional, entre otros.

Productividad: tasa potencial de incorporación de energía o materia orgánica individual, poblacional o por unidad trófica, que se mide por unidad de tiempo y por área o volumen.

Productividad primaria: tasa potencial de adición de biomasa en los organismos productores, se mide por tiempo y por área.

Protección ambiental: cualquier actividad que mantenga o restaure el medio ambiente a través de la prevención de la emisión de sustancias contaminantes o ruidos, o de la reducción de sustancias contaminantes presentes en el medio ambiente.

Recurso: substancia o espacio que es consumido por un organismo para su crecimiento, mantenimiento y reproducción.

Recursos biológicos: comprende los componentes de la biodiversidad (recursos genéticos, orga-

nismos o partes de ellos, poblaciones o cualquier otro tipo del componente biótico) de valor o utilidad directa, indirecta o potencial para la humanidad.

Recursos naturales: totalidad de las materias primas y yacimientos minerales aprovechables por el hombre.

Recursos renovables: recursos naturales capaces de reproducirse o incrementarse, como la flora y fauna, y que al seguir un esquema conservacionista adecuado pueden ser explotados indefinidamente.

Rellenar: depositar basura y lodo u otro material en áreas acuáticas para crear más tierra firme, comúnmente con propósitos de desarrollo agrícola y comercial.

Reserva de la biosfera: área con una extensión superior a 10 mil hectáreas que contiene áreas biogeográficas representativas del país, con uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del hombre y al menos una zona no alterada, donde habiten especies consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

Reservorio: área natural o artificial donde se almacena agua, ya sea para uso doméstico, industrial, agropecuario u otros.

Resilencia: habilidad de un ecosistema o comunidad para regresar a su estado normal después de una alteración externa o capacidad para continuar funcionando después de una perturbación.

Restauración: manejo de un hábitat perturbado o degradado para la recuperación de características cercanas a su estado original (Wilson, 1988).

Riesgo ambiental: situación que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas durante la ejecución y operación de una obra o actividad.

Riesgo ecológico: se refiere a las amenazas potenciales a la vida, ocasionadas por el hombre o de manera natural; incluye deslizamientos terrestres, inundaciones, terremotos y la eliminación de los desechos y los asentamientos humanos.

Río: término general para el curso natural del agua epicontinental, de volumen considerable y flujo permanente o estacional, que se mueve a lo largo de un canal definido hacia el mar, lago u otro río.

Ripario: perteneciente a bancos de ríos.

Salinización: proceso de acumulación de sal en el suelo.

Saprobio: organismo que se alimenta de materia orgánica en descomposición.

Sedimentos: partículas que se depositan en los fondos de ríos, lagos, mares, valles y otros, como resultado de diferentes procesos de erosión. El acarreo y la depositación de los sedimentos en cantidades superiores a las tasas naturales son un tipo de contaminación.

Subálveo: situado debajo del lecho de un río o arroyo.

Sucesión ecológica: proceso de remplazo de una comunidad biótica por otra.

Suelo lacustre: suelo formado por depósitos que se generaron en la columna de agua de un lago.

Tasistal: asociación de tasiste *Acoelorraphe wrightii*.

Taxa: plural de taxon.

Taxon: unidad taxonómica de cualquier jerarquía en la clasificación de los organismos.

Tipo de vegetación: comunidad vegetal de rango elevado determinada primordialmente por la fisonomía.

Trófico: se refiere a los nutrientes potencialmente disponibles para ser incorporados a un ecosistema.

Tular: comunidad vegetal propia de lugares pantanosos en donde generalmente abunda el tule *Typha* spp. y *Scirpus* spp.

Turbiedad: condición nebulosa del agua o falta de lucidez debida a la presencia de partículas suspendidas que pueden ser removidas por filtración.

Turismo de bajo impacto: llamado también ecoturismo, se refiere al abastecimiento de servicios específicos para viajes dirigidos a sitios o regiones de calidad y cualidades naturales o ecológicas únicas.

Uso de tecnologías limpias: modificaciones hechas a las instalaciones para limitar la generación de contaminantes durante los procesos de producción, almacenamiento o transporte de bienes.

Uso del suelo: manejo o uso que el hombre da a una superficie de terreno. Este uso o manejo puede ser agrícola, pecuario, forestal, urbano o de otra índole.

Uso sustentable: es la utilización de los componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasionen su disminución a largo plazo, y en armonía con un adecuado desarrollo económico y social.

Vegetación halófila: la formada por comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con un alto contenido de sales, como partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras y en áreas de marismas, entre otros lugares.

Vegetación hidrófila: comunidades vegetales que viven arraigadas en lugares pantanosos con agua dulce o salobre y poco profundos (manglar, popal, tular y carrizal).

Veneros: manantiales.

Xérico: se refiere a áreas secas o desérticas.

Xerófilo: calificativo ecológico de las plantas y comunidades vegetales adaptadas a medios secos.

Zona saturada: capa del subsuelo en la que los poros y grietas se encuentran saturados de agua y con una presión igual o mayor que la atmosférica.

Zona eufótica: región de la columna de agua donde se efectúa la fotosíntesis.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

ABELL, R., D.M. OLSON, E. DINERSTEIN, P.T.HURLEY, W. EICHBAUM, S. WALTERS, W. WETTENGEL, T.I. ALLNUTT y C.J.LOUCKS. 1998. *A conservation assessment of the freshwater ecoregions of North America*. Final Report submitted to the U.S. EPA, abril de 1998, World Wildlife Fund, Washington, D.C., pp. 115.

AGUILAR, S. 1990. *Dimensiones ecológicas del Estado de Morelos*. CRIM, UNAM. México, pp. 221.

ALANÍS, F.J., M. ROVALO, M. GONZÁLEZ Y G. CANO. 2000. *El parque natural "La Estanzuela", cultura al bosque, conservación y uso racional del agua*. Consejo Estatal, Flora y Fauna de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL y Pronatura, pp. 4.

ALCOCER, J. 1998. Contaminación de aguas continentales. En: G. TOLEDO y M. LEAL (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación, UNAM, pp. 93-106.

ALCOCER, J., M. CHÁVEZ y E. ESCOBAR. 1993. La limnología en México. Historia y perspectiva futura de las investigaciones limnológicas. *Ciencia* 44:441-453.

ALCOCER, J. y E. ESCOBAR. 1990. The drying up of the Mexican Plateau axalapazcos. *Salinet* 4:34-36.

ALCOCER, J. y E. ESCOBAR. 1992a. La producción primaria en aguas athalasohalinas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 43:101-108.

ALCOCER, J. y E. ESCOBAR. 1992b. The aquatic biota of the now extinct lacustrine complex of the Mexico basin. *Freshwater Forum* 2(3):171-183.

ALCOCER, J. y E. ESCOBAR. 1993a. Athalassohalinity. On the concept of salinity in inland waters. *Hidrobiológica* 3(1-2):81-88.

ALCOCER, J. y E. ESCOBAR. 1996. Limnological regionalization of Mexico. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 2:55-69.

ALCOCER, J., E. ESCOBAR y L.E. MARÍN. 2000. Epicontinental aquatic systems of Mexico in the context of hydrology, climate, geography, and geology. En: M. MUNAWAR (ed.), *Aquatic ecosystems of Mexico: Environmental and toxicological assessment*. Ecovision World Monograph Series, SPB, Amsterdam, pp. 1-13.

ALCOCER, J. y E. KATO. 1995. Cuerpos acuáticos de Cuatro Ciénegas, Coahuila. En: G. DE LA LANZA y J.L. GARCÍA C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 177-193.

ALCOCER, J., A. LUGO, L.E. MARÍN y E. ESCOBAR. 1998. Hydrochemistry of waters from five cenotes and evaluation of their suitability for drinking-water supplies, northeastern Yucatán, Mexico, *Hidrogeology Journal* 6(2):293-301.

ALCOCER, J., A. LUGO, M.R. SÁNCHEZ, M. CHÁVEZ y E. ESCOBAR. 1998. Threats to the saline lakes of the Oriental basin, Mexico, by human activities. *Verhandlungen Internationalis Vereinigung Limnologie* 26:1383-1386.

ALCOCER, J. y W.D. WILLIAMS. 1993. Lagos salinos mexicanos. En: S.I. SALAZAR-VALLEJO y N.E. GONZÁLEZ (eds.), *Biodiversidad marina y costera de México*. Conabio y CIORO, México, pp. 849-865.

ALCOCER, J. y W.D. WILLIAMS. 1996. Historical and recent changes in Lake Texcoco, a saline lake in Mexico. *International Journal of Salt Lake Research* 5:45-61.

ALMER, B., W. DICKSON, C. EKSTRÖM, E. HÖRNSTRÖM y U. MILLER. 1974. Effects of acidification on Swedish lakes. *Ambio* 3:30-36.

ÁLVAREZ, J. 1950. Contribución al conocimiento de los peces de la región de Los Llanos, estado de Puebla (México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 6(1-4):81-107.

ÁLVAREZ, G.M. y J.M. CASSIÁN. 1993. El agua y el manejo integral de los recursos naturales en cuencas hidrográficas. En: *El agua, recurso vital.* Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, pp. 93-112.

ÁLVAREZ, S., P. GALINA y L. GRISMER. 1997. Anfibios y reptiles. En: L. ARRIAGA y R. RODRÍGUEZ ESTRELLA (eds.), *Los oasis de la Península de Baja California.* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, pp. 125-141.

ÁLVAREZ, T. y F. DE LACHICA. 1974. Zoogeografía de los vertebrados de México. En: I. BERNAL y J.L. LORENZO (eds.), *México: panorama histórico y cultural.* Vol. II. *El escenario geográfico. Recursos naturales.* Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

ÁLVAREZ DEL TORO, M., E. PALACIOS ESPINOSA, T.G. CABRERA CACHÓN, C.A. GUICHARD ROMERO, A. RAMÍREZ VELÁZQUEZ y G.J. CARTAS HEREDIA. 1993. *Chiapas y su biodiversidad.* Gobierno del Estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, pp. 135.

American Ornithologists' Union. 1983. *Check-list of North American birds.* 6a. ed., Allen Press, Lawrence.

ANDERSON, T.W., G.E. WELDER, G. LESSER y A. TRUJILLO. 1988. Central alluvial basins. En: W. BACK, J.S. ROSENSHEIN y P.R. SEABER (eds.), *The Geology of North America.* Vol. O-2. *Hydrogeology.* Geological Society of America, Boulder. pp. 524.

ARIAS, J. (1993). El agua en el mundo: agua para la vida, agua para la muerte. En: *El agua, recurso vital.* Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, pp. 5-10.

ARREDONDO, J.L. 1990a. Estado actual de la reproducción inducida de ciprínidos alóctonos en México. En: G. DE LA LANZA y J.L. ARREDONDO (comps.), *La acuicultura en México, de los conceptos a la producción.* UNAM, México, pp. 55-66.

ARREDONDO, J.L. 1990b. La aplicación del análisis de cúmulus y de componentes principales en el estudio limnológico de estanques temporales. En: G. DE LA LANZA y J.L. ARREDONDO (comps.), *La acuicultura en México, de los conceptos a la producción.* UNAM, México, pp. 229-248.

ARREDONDO, J.L. 1995. Los axalpascos de la Cuenca Oriental, Puebla. En: G. DE LA LANZA y J.L. GARCÍA C. (comps.), *Lagos y presas de México.* Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 65-87.

ARREDONDO, J.L. y C. AGUILAR. 1987. Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas realizadas en lagos mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna. En: S. GÓMEZ y V. ARENAS (eds), *Contribuciones en hidrobiología.* UNAM, México, pp. 91-133.

ARREDONDO, J.L., L.E. BORREGO, D.R.M. CASTILLO y L.M.A. VALLADOLID. 1983. Batimetría y morfometría de los lagos "maars" de la Cuenca Oriental, Puebla, México. *Biótica* 8(1):37-47.

ARRIAGA, L. 1997. Introducción. En: L. ARRIAGA y R. RODRÍGUEZ ESTRELLA (eds.), *Los oasis de la Península de Baja California.* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, pp. 1-4.

ARRIAGA, L., S. DÍAZ, R. DOMÍNGUEZ y J.L. LEÓN. 1997. Composición florística y vegetación. En: L. ARRIAGA y R. RODRÍGUEZ ESTRELLA (eds.), *Los oasis de la Península de Baja California.* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, pp. 69-106.

ARRIAGA, L. y R. RODRÍGUEZ-ESTRELLA (eds.). 1997. *Los oasis de la Península de Baja California.* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz.

ARRIAGA, L., E. VÁZQUEZ, J. GONZÁLEZ, R. JIMÉNEZ, E. MUÑOZ y V. AGUILAR (coords.). 1998. *Regiones prioritarias marinas de México.* Conabio, México, pp. 198.

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coords.). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Conabio, México.

Athié, M. 1987. *Calidad y cantidad del agua en México*. Universo Ventiuno, México, pp. 152.

Back, W. 1988. Hydrogeology of the Yucatán Peninsula. En: J. Swinehart y D. Loope (eds.), *Yucatán 1990. A source book on Coastal Quintana Roo, Mexico*. University of Nebraska, Lincoln, pp. 25-40.

Banco Mundial. 1991. Save now or pay later. *The urban edge: Issues and innovations* 15(3):1-6.

Banderas, A. y González R. (1995). Limnología de El Sol, un lago alpino tropical. En: G. de la Lanza y J.L. García C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 51-64.

Barbour, C.D. 1973. A biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): A species flock from the Mexican Plateau. *Copeia* 3:533-556.

Bassols, A. 1977. *Recursos naturales de México*. Nuestro Tiempo, México, pp. 345.

Baumgartner, A. y E. Reichel. 1975. *The world water balance*. Munich, R. Oldenbourg.

Brooks, K.N., P.F. Ffolliott, H.M. Gregersen y L.F. DeBano. 1997. *Hydrology and management of watersheds*. 2a. ed. Iowa State University Press, Ames, pp. 502.

Budiko, M.I. 1974. *Climate and life*. Academic Press. International Geophysics Series 18:525.

Burrill, A. 1997. *Assessing the societal value of water in its uses*. Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre of the European Commission, Madrid, pp. 46.

Cabrera-Cano, E. y A. Sánchez-Vázquez. 1994. Comunidades vegetales en la frontera México-Belice. En: E. Suárez-Morales (comp.), *Estudio integral de la frontera México-Belice. Recursos naturales*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, pp. 17-35.

Campbell, P.G.C. y P.M. Stokes. 1985. Acidification and toxicity of metals to aquatic biota. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42(12):2034-2049.

Campos-González, E. y S. Contreras-Balderas. 1985. First record of *Orconectes virilis* (Hagen) (Decapoda, Cambaridae) from Mexico. *Crustaceana* 49(2):218-219.

Carmona, L.M.C. 1998. Globalización de mercados. El discurso de la globalidad y la relación comercio-ambiente. En: G. Toledo y M. Leal (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación, unam, México, pp. 443-455.

Carranza-Fraser, J. y M. López-Hernández. 1995. Presa El Caracol (Ing. Carlos Ramírez Ulloa). En: G. de la Lanza y J.L. García C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 225-241.

Carrillo, J. 1988. Región 8: Sierra Madre Oriental. En: W. Back, J.S. Rosenshein y P.R. Seaber (eds.), *The Geology of North America*. Vol. O-2. *Hydrogeology*. Geological Society of America, Boulder, pp. 87-88.

cca (Comisión para la Cooperación Ambiental). 1999. *Áreas importantes para la conservación de las aves de América del Norte*. Canadá, pp. 260-369.

cdb (Convenio sobre la Diversidad Biológica). 1992. *Convenio sobre la Diversidad Biológica*, aprobado en la Conferencia de Nairobi, Kenia, el 22 de mayo de 1992.

Cespedes-cmic (Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable-Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción). 1998. *Eficiencia y uso sustentable del agua en México: participación del sector privado*. Cespedes, México, pp. 132.

Chacón, T.A. y J. Alvarado. 1995. El lago de Cuitzeo. En: G. de la Lanza y J.L. García C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 117-127.

Chávez-Guillén, R. 1988. Región 10: Faja Volcánica Transmexicana. En: W. Back, J.S. Rosenshein y P.R. Seaber (eds.), *The Geology of North America*. Vol. O-2. *Hydrogeology*. Geological Society of America, Boulder, pp. 93-98.

Chávez, M. y G. Vilaclara. 1992. Datos para la regionalización limnológica mexicana. *I Encuentro de Limnólogos Iberoamericanos*, Sevilla, agosto, pp. 14-20.

Cipamex-Conabio (Consejo Internacional para la Preservación de las Aves en México-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1999. *Áreas de importancia para la conservación de las aves* (escala 1:250 000). Conabio-FMCN-CCA.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 1998a. *Carta de regiones hidrológicas administrativas y estados*. México.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 1998b. *Inventario de cuerpos de agua y humedales de México* (escala 1:250 000). Subgerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, México.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 1999. *Compendio básico del agua en México*. Septiembre, México, pp. 54.

COLE, G.A. 1979. *Textbook of limnology*. Mosby, San Luis Missouri.

COLE, G.A. 1984. Crustacea from the Bolsón of Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Sciences* 19:3-12.

COLL-HURTADO, A. y M.T. SÁNCHEZ-SALAZAR. 1990. Producción minera (escala 1:4 000 000). En: *Atlas Nacional de México*. Instituto de Geografía, UNAM, tomo III. VI.8.3, México.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1996. *Regiones prioritarias terrestes de México* (escala 1:4 000 000). Primer Taller de Especialistas, México.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998a. *Regiones prioritarias marinas* (escala 1:4 000 000), México.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998b. *Regiones hidrológicas prioritarias* (escala 1:4 000 000), México.

CONTRERAS-BALDERAS, S. 1978. Speciation aspects and man-made community composition changes in Chihuahuan desert fishes. *Trans. First Symp. Biol. Res. Chih. Des.* (Alpine, Texas). 1974:405-431.

CONTRERAS-BALDERAS, S. 1990a. Importancia, biota endémica y perspectivas actuales en el valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. En: J.L. CAMARILLO y F. RIVERA (comps.), *Áreas naturales protegidas en México y especies en extinción*. Proyecto Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CYMA) y Unidad de Investigación ICSE, ENEP-Iztacala, UNAM, México, pp. 15-23.

CONTRERAS-BALDERAS, S. 1990b. Lista anotada de especies de peces mexicanos en peligro o amenazados de extinción. En: J.L. CAMARILLO y F. RIVERA (comps.), *Áreas naturales protegidas en México y especies en extinción*. Proyecto Conservación y Mejoramiento del Ambiente (CYMA) y Unidad de Investigación ICSE, ENEP-Iztacala, UNAM, México, pp. 211-215.

CONTRERAS-BALDERAS, S. 1995. Las presas del noreste de México. En: G. DE LA LANZA y J.L. GARCÍA C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 277-289.

CONTRERAS-BALDERAS, S. 1999. Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. En: R. CLAUDI y J.H. LEACH (eds.), *Nonindigenous freshwater organisms. Vectors, biology and impacts*. Lewis Publishers, EUA, pp. 33-54.

CONTRERAS-BALDERAS, S. y P. ALMADA-VILLELA. 1991. Fish biodiversity, water availability and regional planning (resumen). *1991 Annual Meeting of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists*, Nueva York.

CONTRERAS-BALDERAS, S. y M.A. ESCALANTE. 1984. Distribution and known impacts of exotic fishes in Mexico. En: W.R. COURTENAY, Jr. y J.R. STAUFFER, Jr. (eds.), *Distribution, biology, and management of exotic fishes*. The Johns Hopkins University Press, Londres, pp. 102-130.

CONTRERAS-BALDERAS, S. y M.L. LOZANO-VILANO. 1994a. Water, endangered fishes and development perspectives in arid lands of Mexico. *Conservation Biology* 8(2):379-387.

CONTRERAS-BALDERAS, S. y M.L. LOZANO-VILANO. 1994b. *Cyprinella alvarezdelvillari*, a new cyprinid fish from Río Nazas of Mexico, with a key to the *Lepida* clade. *Copeia* (4):897-906.

CONTRERAS-BALDERAS, S. y M.L. LOZANO-VILANO. 1996. Extinction of most Sandia and Potosí valleys (Nuevo León, Mexico) endemic pupfishes, crayfishes and snails. *Ichthyology Explorations of Freshwaters* vol. 7, núm. 1:33-40.

COSTANZA, R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FARBER, M. GRASSO, B. HANNON, K. LIMBURG, S. NAEEM, R.V. O'NEILL, J. PARUELO, R.G. RASKIN, P. SUTTON y M. VAN DEN BELT. 1997. The value of the world ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6230):49.

DALY, G., S. ALEXANDER, P.R. EHRLICH, L. GOULDER, J. LUBCHENCO, P.A. MATXON, H.A. MOONEY, S. POSTEL, S.H. SCHNEIDER, D. TILMAN y G.M. WOODWELL. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2, 1-17.

DARLINGTON, P.J. 1957. *Zoogeography: The geographical distribution of animals*. Wiley, Nueva York.

DE LA LANZA, G. y J.L. GARCÍA C. (comps.). 1995. *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 320.

DE LA LANZA, G., C. CÁCERES, S. ADAME y S. HERNÁNDEZ. 1999. *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. Plaza y Valdés, México, pp. 287.

DEACON, J.E., G. KOBETICH, J. WILLIAMS y S. CONTRERAS. 1979. Fishes of North America: Endangered, threatened or of special concern: 1979. *Bulletin of the American Fisheries Society* 4(2):29-44.

DERMANT, A. 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación. *Revista del Instituto de Geología* 2(2):172-187.

DÍAZ-BARRIGA, F., G. PEDRAZA, R. REYES, L. CARRIZALES y L. YÁÑEZ. 1998. Contaminación por residuos peligrosos. En: G. TOLEDO y M. LEAL (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 59-92.

DINERSTEIN, E., D.M. OLSON, D.J. GRAHAM, A.L. WEBSTER, S.A. PRIMM, M.P. BOOKBINDER y G. LEDEC. 1995. *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington, D.C., The World Bank and World Wildlife Fund.

EDWARDS, J.D. 1955. Studies of some early Tertiary red conglomerates in Central Mexico. *U.S. Geological Survey Prof. Pap.* 264-H:153-183.

EDWARDS, R.J. y S. CONTRERAS-BALDERAS. 1991. Historical changes in the ichthyofauna of the lower Rio Grande (Río Bravo del Norte), Texas and Mexico. *The Southwestern Naturalist* 36(2):201-212.

ELWOOD, G.W. y P.J. MULHOLLAND. 1989. Effects of acidic precipitation on stream ecosystems. En: D.C. ADRIAN y A.H. JOHNSON (eds.), *Acid Precipitation*. Springer-Verlag, Nueva York, vol. 2:85-135.

ESCOBAR-FERNÁNDEZ, R. y M. Siri. 1997. *Nombres vernáculos y científicos de los peces del Pacífico mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California y Sociedad Ictiológica Mexicana, México, pp. 102.

ESPINOSA PÉREZ, H., M.T. GASPAR DILLANES y P. FUENTES MATA. (1993). *Listados faunísticos de México*. III. *Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 89.

ESPINOSA PÉREZ, H., P. FUENTES MATA, M.T. GASPAR DILLANES y V. ARENAS. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. En: T.P. RAMAMOORTHY, R. BYE, A. LOT y J. FA (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 227-249.

EZCURRA, E. 1993. El problema del agua en las zonas áridas. En: *El agua recurso vital*. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, pp. 67-76.

EZCURRA, E. y C. MONTAÑA. 1990. Los recursos naturales renovables en el norte árido de México. En: E. LEFF (coord.), *Medio ambiente y desarrollo en México*. Vol. 1, pp. 297-327. Colección México: actualidad y perspectivas. UNAM/Porrúa, México.

FERRUSQUÍA-VILLAFRANCA, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. En: T.P. RAMAMOORTHY, R. BYE, A. LOT y J. FA (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 3-108.

FLORES-VILLELA, O. 1998. Herpetofauna de México: distribución y endemismo. En: T.P. RAMAMOORTHY, R. BYE, A. LOT y J. FA (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Insituto de Biología, UNAM, México, pp. 251-278.

FLORES-VILLELA, O y L. LEÓN PANIAGUA. 1998. Extinción de especies en México. En: G. TOLEDO y M. LEAL (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación, UNAM., México, pp. 155-170.

FRIES, C., Jr. 1960. Geología del estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero. Región central meridional de México. *Boletín del Instituto de Geología* 60:1-236.

GARCÍA, M.A. 1982. Los recursos hidráulicos. En: M. LÓPEZ PORTILLO Y RAMOS (comp), *El medio ambiente en México: temas, problemas y alternativas*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 92-109.

GARCÍA, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México.

GARCÍA, E. 1990. Climas. IV.6.1 (A) *Atlas Nacional de México*. Vol. II. Instituto de Geografía, UNAM.

GARCÍA, E. y Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. *Climas (Clasificación de Köppen, modificado por García)* (escala 1:1 000 000), México.

GONZÁLEZ, C. 1988. La SRA ha incidido en la destrucción de las selvas. En: *La Jornada*, México, 28 de abril de 1988, p. 5.

GUPTA, T.R. y J.H. FOSTER. 1975. Economic criteria for freshwater wetland policy in Massachussetts. *American Journal of Agricultural Economics* 57:40-45.

GUZMÁN, A.M. 1995. El lago de Chapala. En: G. DE LA LANZA y J.L. GARCÍA C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México., pp. 129-145.

HALFFTER, G. 1996. Biodiversity conservation and protected areas in tropical countries. En: F. DI CASTRI y T. YOUNÈS (eds.), *Biodiversity, science and development: Towards a new partnership*. Cab International, Francia, pp. 212-223.

HALL, F.G. 1936. Physical and chemical survey of cenotes of Yucatán. *Carnegie Institution of Washington Publications* 457:5-16.

HANUS, V. y J. VANEK. 1977-1978. Subduction of the Cocos Plate and deep active fracture zones of Mexico. *Geofísica Internacional* 17(1):14-53.

HEATH, R.C. 1988. Hydrologic settings of regions. En: W. BACK, J.S. ROSENHEIN y P.R. SEABER (eds.), *The Geology of North America*. Vol. O-2. *Hydrogeology*. The Geological Society of America, Boulder, pp. 15-23.

HENAO, J.E. 1988. *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*. Universidad Santo Tomás, Bogotá, pp. 396.

HERNÁNDEZ-AVILÉS, J.S. y B. PEÑA-MENDOZA. 1992. Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el estado de Morelos, México. *Hidrobiológica* 13-4:11-23.

HERNÁNDEZ-AVILÉS, J.S., Ma. C. GALINDO DE SANTIAGO y J. LOERA-PÉREZ. 1995. Bordos o microembalses. En: G. DE LA LANZA y J.L. GARCÍA C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 291-308.

HEYWOOD, V.H. y R.T. WATSON. 1995. *Global biodiversity assessment*. United Nations Environmente Programme, Cambridge University Press, pp. 1140.

HOWELL, S.N.G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northem Central America*. Oxford University Press, Nueva York, pp. 851.

HUÍZAR, A.R. 1993. Algunos aspectos de la problemática actual del agua subterránea en México. En: *El agua, recurso vital*. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, pp. 53-66.

INE (Instituto Nacional de Ecología). 1996. *Uso de suelo y vegetación* (escala 1:1 000 000). Dirección de Ordenamiento Ecológico, México.

INE (Instituto Nacional de Ecología). 1999a. *Red del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas hasta agosto de 1999. Información cartográfica digital*. Unidad Coordinadora de Áreas Naturales Protegidas, México.

INE (Instituto Nacional de Ecología). 1999b *Normas oficiales mexicanas para la protección ambiental*. http:/www.ine.gob.mx

INE (Instituto Nacional de Ecología). 1999c. *Programa de Áreas Naturales Protegidas de México 1995-2000*. http:/www.ine.gob.mx

INE-Conabio (Instituto Nacional de Ecología-Comisón Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1995. *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. México, pp. 159.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1973. *Tipos de vegetación y uso de suelo en la República mexicana* (escala 1:250 000), México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1995. *Estadísticas del medio ambiente*. México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1997. *Estadísticas del medio ambiente*. México.

INEGI-IG (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática-Instituto de Geografía). 1990. División Política Estatal I.1.2. *Atlas Nacional de México*, vol. I. Instituto de Geografía, UNAM, México.

IUCN-UNEP-WWF (The World Conservation Union-United Nations Environment Programme-World Wildlife Fund). 1991. *Caring for the Earth. A strategy for sustainable living*. Gland.

JORGENSEN, S.E. y R.A. Vollenweider (eds.). 1988. Principles of lake management. *Guidelines of lake management*. Vol. 1. International Lake Environment Committee-United Nations Environment Programme, pp. 199.

JUÁREZ, P.R. (1995). Presa Infiernillo (Adolfo López Mateos). En: G. DE LA LANZA y J.L. GARCÍA C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 211-223.

KOTTELAT, M. y T. Whitten. 1996. Freshwater biodiversity in Asia with special reference to fish. *World Bank Technical Paper*, núm. 342, The World Bank.

KUMARI, K. 1995. *An environmental and economic assessment of forest management options: A case study in Malaysia*. The World Bank, Environmental Economics Series 026, Washington, D.C.

LEFF, E. 1998. Hábitat/habitar. En: G. TOLEDO y M. LEAL (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación, UNAM, México, pp. 31-44.

LESSER, J.M. y G. LESSER. 1988. Región 9: Sierra Madre Oriental. En: W. BACK, J.S. ROSENSHEIN y P.R. SEABER (eds.), *The Geology of North America*. Vol. O-2. *Hydrogeology*. Geological Society of America., Boulder, pp. 89-92.

LOA-LOZA, E., J. LARSON-GUERRA, H. BENÍTEZ-DÍAZ, J.M. GALINDO-JARAMILLO. 1996. *Regiones prioritarias para la conservación en México*. Informe Técnico, Conabio-Pronatura, A.C.-WWF-USAID-FMCN-TNC-INE, Semarnap, México.

LÓPEZ PORTILLO Y RAMOS, M. (comp.). 1982. *El medio ambiente en México: temas, problemas y alternativas*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 426.

LOT, A. 1983. La vegetación acuática del sureste de México. *Ciencia y Desarrollo* IX(41):115-117.

LOT, A. 1991. *Vegetación y flora vascular acuática del estado de Veracruz*. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México, pp. 226.

LOT, A. y A. NOVELO. 1988. Vegetación y flora acuática del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *The Southwestern Naturalist* 33(2):167-175.

LOT, A. y A. NOVELO. 1990. Forested wetlands of Mexico. En: A.E. LUGO, M. BRINSON y S. BROWN (eds.), *Ecosystems of the World*. Elsevier, Nueva York, 12:287-298.

LOT, A. y P. Ramírez-García. 1998. Diversidad de la flora acuática mexicana. En: T.P. RAMAMOORTHY, R. BYE, A. LOT y J. FA (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Insituto de Biología, UNAM, México, pp. 563-578.

LOT, A., A. NOVELO, M. OLVERA y P. RAMÍREZ-GARCÍA. 1999. *Catálogo de angiospermas acuáticas de México. Hidrófitas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes*. Cuadernos 33, Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 161.

LOZANO-VILANO, M.L. y S. CONTRERAS-BALDERAS. 1987. Lista zoogeográfica y ecológica de la ictiofauna continental de Chiapas, México. *The Southwestern Naturalist* 32(2):223-236.

LOZANO-VILANO, M.L. y S. CONTRERAS-BALDERAS. 1990. *Astyanax armandoi*, n. sp. from Chiapas, Mexico (Pisces, Ostariophysi: Characidae) with a comparison to the nominal species *A. aeneus* and *A. mexicanus*. *Universidad y Ciencia* 7(14):95-107.

LOZANO-VILANO, M.L. y S. CONTRERAS-BALDERAS. 1999. *Cyprinodon bobmilleri*: New species of pupfish from Nuevo León, Mexico (Pisces: Cyprinodontidae). *Copeia* (2):382-387.

MAASS, J.M. 1998. Erosión de suelos en México: una consecuencia de la transformación del hábitat y uno de los problemas más serios de degradación ambiental. En: G. TOLEDO y M. LEAL (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación, UNAM, México, pp. 271-285.

MADEREY, L.E. y C. TORRES-RUATA. 1990. Hidrografía e hidrometría. IV.6.1 (A). *Atlas Nacional de México*. Vol. II (escala 1:4 000 000). Instituto de Geografía, UNAM, México.

MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona.

MARÍN, L.E. 1990. *Field investigations and numerical simulation of groundwater flow in the karstic aquifer of northwestern Yucatán, México*. Investigaciones de campo y simulación numérica del agua subterránea en el acuífero cárstico del noroeste de Yucatán, México. Tesis doctoral, Departamento de Geología, University of Northern Illinois, Dekalb, pp. 183.

MARÍN, L.E. y E.C. PERRY. 1995. The hydrogeology and contamination potential of northwestern Yucatán, Mexico. *Geofísica Internacional* 33(4):619-623.

MARÍN, L.E., B. STEINICH, O. ESCOLERO, R.M. LEAL, B. SILVA y S. GUTIÉRREZ. 1998. Water quality monitoring in Mexico using specific conductance. *Ground Water Monitoring and Review* 18(1), invierno de 1998, pp. 156-162.

MAXWELL, J.R., C.J. EDWARDS, M.E. JENSEN, S.J. PAUSTIAN, H. PARROT y D.M. HILL. 1995. *A hierarchical framework of aquatic ecological units in North America (Neartic zone)*. USDA Forest Service General Technical Report NC-176. North Central Forest Experiment Station, Minnesota.

MCALLISTER, D.E., A.L. HAMILTON y B. HARVEY. 1997. Global freshwater biodiversity: Striving for the integrity of freshwater ecosystems. *Sea Wind* 11(3):1-139.

MCCOY, C.J. 1984. Ecological and zoogeographic relationships of amphibians and reptiles of the Cuatro Ciénegas basin. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Sciences* 19:49-59.

MILLER, R.R. 1961. Man and the changing fish fauna of the American Southwest. *Papers of the Michigan Academy of Sciences* 46(1960):365-404.

MILLER, R.R. 1963. *Extinct, rare and endangered American freshwater fishes*. XVI International Congress of Zoology 8:4-11.

MILLER, R.R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 30:121-153.

MILLER, R.R. y M.L. SMITH. 1986. Origin and geography of fishes of Central Mexico. En: C.H. HOCUTT y E.O. WILEY (eds.). *The zoogeography of North American freshwater fishes*. Wiley, Nueva York, pp. 487-517.

MINCKLEY, W.L. 1969. Environments of the Bolsón of Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico, with special reference to the aquatic biota. University of Texas, El Paso, *Science Series* 2:1-65.

MIRANDA, F. 1998. *La vegetación de Chiapas*. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Chiapas. 3a. ed., Tuxtla Gutiérrez, pp. 596.

MIRANDA, F. y E. HERNÁNDEZ X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.

MONTGOMERY, D.R., G.E. GRANT y K. SULLIVAN. 1995. Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management. *Water Resources Bulletin* 3:369-386.

MORALES, A. 1974. *El cultivo de tilapia en México. Datos bibliográficos*. Instituto Nacional de Pesca, INP/SI. pp. 24-25.

MORÁN, Z.D.J. 1986. Breve revisión sobre la evolución tectónica de México. *Revista de la Unión Geofísica Mexicana* 25(1):9-38.

Myers, N. 1983. Tropical moist forest: Overexploited and underutilized? En: *Forest, Ecology and Management*. Elsevier Science Publ., Amsterdam 6:59-19.

Naiman, R.J., J.J. Magnuson, D.M. McKnight y J.A. Standford. 1995. *The freshwater imperative, a research agenda*. Island Press, Washington, D.C.

Navarro-Mendoza, M. y C. Valdés-Casillas. 1990. Peces cavernícolas de la península de Yucatán en peligro de extinción, con nuevos registros para Quintana Roo. En: J.L. Camarillo y F. Rivera (comps.), *Áreas naturales protegidas en México y especies en extinción*. Proyecto Conservación y Mejoramiento del Ambiente (cyma) y Unidad de Investigación icse, enep-Iztacala, unam, México, pp. 218-241.

Nelson, S.A. y G. Sánchez-Rubio. 1986. *Trans Mexican Volcanic Belt field guide*. Volcanology Division of the Geological Association of Canada e Instituto de Geología, unam, México, pp. 108.

Noriega, U.F.A. 1998. El precio del hábitat en la globalización. En: G. Toledo y M. Leal (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación, unam, México, pp. 419-426.

Novelo, A. y A. Lot. 1987. Importancia de la vegetación acuática en los ecosistemas naturales. En: *Memorias del Simposium Internacional sobre la Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva*, 2-6 de febrero de 1987, Villahermosa, pp. 1-6.

Ocaña, D. y A. Lot. 1996. Estudio de la vegetación acuática vascular del sistema fluvio-lagunar-deltaico del río Palizada, en Campeche, México. *Anales del Instituto de Biología*. Serie Botánica 67(2):303-327.

Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana, 3a. ed., México, pp. 639.

Ojeda, O. y V. Sánchez. 1984. La cuestión ambiental y la articulación sociedad-naturaleza. En: *Actualizaciones*. Programa de Desarrollo y Medio Ambiente (pdma/84/04), El Colegio de México.

Oldeman, L.R., V.W.P. van Engelen y J.H.M. Pulles. 1990. The extent of human induced soil degradation. En: L.R. Oldeman, R.T.A. Hakkeling y W.G. Sombroek, *World map of the status of human-induced soil degradation*. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen (Holanda).

Olmos, T.E. 1995. Presa La Angostura. (Dr. Belisario Domínguez). En: G. de la Lanza y J.L. García C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, México, pp. 261-267.

Olmsted, I. y R. Durán. 1986. Aspectos ecológicos de la selva baja inundable de la Reserva Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Biótica* 11(3):151-179.

Olson, D., E. Dinerstein, P. Canevari, I. Davidson, G. Castro, V. Morisset, R. Abell y E. Toledo. (eds.). 1998. *Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment*. Biodiversity Support Program, Washington, D.C., pp. 70.

Orbe, A. y J. Acevedo. 1995. El lago de Pátzcuaro. En: G. de la Lanza y J.L. García C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 89-115.

Orbe, M.A., M. Guzmán y R. Flores. (1999). Los embalses del estado de Michoacán. Aspectos limnológicos y pesqueros. En: *Atlas Pesquero de México. Pesquerías relevantes*. Instituto Nacional de Pesca, Semarnap, México, pp. 30.

Ordóñez, E. 1946. *Provincias geográficas y geológicas de la República mexicana*. Comité Directivo para la Investigación de los Recursos Minerales de México, Instituto de Geología, unam, México, pp. 142.

Oyarzábal-Tamargo, F. 1978. International diseconomies: The Colorado River salinity problem in Mexico. *Natural Resources Journal* 18(7).

Pacheco, J. y A. Cabrera. 1997. Groundwater contamination by nitrates in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Hydrogeology Journal* 5(2):47-53.

Patrick, S.T. y A.C. Stevenson. 1990. Acidified Welsh lakes: The significance of land use and management. En: K.W. Edwards, A.S. Gee y J.H. Stoner (eds.), *Acid water in Wales*. Ann Arbor Sci. Publ., Ann Arbor, pp. 303-323.

PEARCE, D. y D. MORAN. 1994. *The economic value of biodiversity*. IUCN-The World Conservation Union, Londres, pp. 172.

PÉREZ, J.E. 1996. La acuicultura y la conservación de la biodiversidad. *Interciencia* 21(3):154-157.

PÉREZ-GIL, R., F. JARAMILLO, A.M. MUÑÍZ y M.G. TORRES. 1995. Importancia económica de los vertebrados silvestres de México. PG7 Consultores, S.C. y Conabio, México, pp. 170.

PIELOU, E.C. 1998. *Fresh water*. The University of Chicago Press, pp. 275.

PIMENTEL, D., C. HARVEY, P. RESOSUDARMO, K. SINCLAIR, D. KURZ, M. MCNAIR, S. CRIST, L. SHPRITZ, L. FITTON, R. SAFFOURI y R. BLAIR. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267:1117-1123.

PLANAS, D. 1996. Acidification effects. *Algal Ecology* 16:497-530.

PLATTS, W., C. ARMOUR, G.D. BOOTH, M. BRYANT, J.L. BUFFORD, P. CUPLIN, S. JENSEN, G.W. LIENKAEMPER, G.W. MINSHALL, S.B. MONSEN, R. NELSON, J.R. SEDELL y J.S. TUHY. 1987. Methods for evaluating riparian habitats with applications to management. USDA, Technical Report INT-221.

PULLIN, R.S.V. 1996. Biodiversity and aquaculture. En: F. DI CASTRI y T. YOUNÈS (eds.), *Biodiversity, science and development: towards a new partnership*. Cab International, Francia, pp. 409-423.

QUADRI, G. 1998. Estado de la contaminación ambiental de México: interpretación e instrumentos de política. En: G. TOLEDO y M. LEAL (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación, UNAM, México, pp. 59-92.

QUIROZ, A., M.G. MIRANDA y A. LOT. 1982. Uso potencial de algunas hidrófitas como abono verde en la zona chinampera de Xochimilco. *Biotica* 7(4):631-633.

RAMÍREZ, G.P. 1983. *Estudio de la distribución y producción de la vegetación acuática en seis lagos-cráter de Puebla*. Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM.

RAMÍREZ, N.V. 1998. Tráfico de especies en México. En: G. TOLEDO y M. LEAL (eds.), *Destrucción del hábitat*. Programa Universitario del Medio Ambiente, Coordinación de Vinculación, UNAM, México, pp. 171-185.

RAMÍREZ, G.P. y R.A. NOVELO. 1984. La vegetación acuática vascular de seis lagos-cráter del estado de Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 46:75-88.

RAMSAR. 1996a. *Wetlands and biological diversity*. The Ramsar Convention Bureau. http://www.ramsar.org/about_biodiversity.htm

RAMSAR. 1996b. *Definición de "humedales" y sistema de clasificación de tipos de humedales de la Convención de Ramsar*. Convención sobre los Humedales. http://www.iucn.org/themes/ramsar/key_ris_types_s.htm

RDS (Red de Desarrollo Sostenible). 1993. *RDS-Pátzcuaro 2000*. Centro de Cooperación Regional para la Educación de Adultos en América Latina y el Caribe (CREFAL). http://rds2000.crefal.edu.mx/rds/patzcuaro2000/index.html

REID, K.G. y R.D. WOOD. 1976. *Ecology of inland waters and estuaries*. 2a. ed., Litton Educational Publishing, Nueva York, pp. 485.

RICHTER, M. (ed.). 1993. *Investigaciones ecogeográficas sobre la región del Soconusco, Chiapas*. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, México, pp. 117.

RIVA PALACIO, R. 1988. Región 11: Sierra Madre del Sur. En: W. BACK, J.S. ROSENSHEIN y P.R. SEABER (eds.), *The Geology of North America*. Vol. O-2. *Hydrogeology*. Geological Society of America, Boulde,. pp. 99-100.

ROCHA, E.F.C., T.M. ILIFFE, J.W. REID y E. SUÁREZ-MORALES. 1998. A new species of *Halicyclops* (Copepoda, Cyclopoida, Cyclopidae) from cenotes of the Yucatán Peninsula, Mexico, with an identification key for the species of the genus from the Caribbean region and adjacent areas. *Sarsia* 83:387-399.

RODRÍGUEZ, G. 1976. *Cambios en la composición de especies de peces en comunidades del bajo río Bravo, México y Estados Unidos*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, T., M. MORALES-ROMÁN y A. SÁNCHEZ-VÁZQUEZ. 1995. Presa Cerro de Oro (Miguel

de la Madrid Hurtado). En: G. de la Lanza y J.L. García C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 243-259.

Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio y E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residentes e invernantes. En: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.), *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, pp. 157-195.

Rudd, J.W.M., C.A. Kelly, D.W. Schindler y M.A. Turner. 1988. Disruption of the nitrogen cycle in acidified lakes. *Science* 240:1515-1517.

Rzedowski, J. 1986. *Vegetación de México*. Limusa, México, pp. 432.

Salazar-Vallejo, S.I. y N.E. González (eds.). 1993. *Biodiversidad marina y costera de México*. Conabio/ciqro, México, pp. 864.

Sánchez, V., M. Castillejos y L. Rojas. 1989. *Población, recursos y medio ambiente en México*. Fundación Universo Ventiuno, Colección Medio Ambiente 8, México.

sarh (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1981. *Plan Nacional Hidráulico. Anexo 2: disponibilidad de agua y suelo*. Comisión del Plan Nacional Hidráulico, sarh, México.

Sarukhán, J. 1992. Discurso inaugural. En: J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), *México ante los retos de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 29-33.

Schmitter-Soto, J.J. 1998. Diagnosis of *Astyanax altior* (Characidae), with a morphometric analysis of *Astyanax* in the Yucatán Peninsula. *Ichthyological Explorations of Freshwater* 8(4):349-358.

Schmitter-Soto, J.J. y C.I. Caro. 1997. Distribution of tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Perciformes: Cichlidae), and water body characteristics in Quintana Roo, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 45(3).

Sculthorpe, C.D. 1967. *The biology of aquatic vascular plants*. Edward Arnold, Londres.

Sedesol (Secretaría de Desarrollo Social). 1993. *México. Informe de la situación actual general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992*. México.

Sedue (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología). 1986. *Informe sobre el estado del medio ambiente en México*. México.

Sedue (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología). 1988. *Informe General de Ecología*. Comisión Nacional de Ecología, México.

Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1996a. *Programa Hidráulico 1995-2000*. http://www.semarnap.gob.mx

Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1996b. *Programa de Pesca y Acuacultura 1995-2000*. http://www.semarnap.gob.mx

Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1998. *Programa de Trabajo 1998*. http://www.semarnap.gob.mx

Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 1999. *Anuario Estadístico de Pesca 1998*. México.

Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 2000. *Programa de Trabajo 2000*. http://www.semarnap.gob.mx

Semarnap-ine (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca-Instituto Nacional de Ecología), 1999. *Áreas naturales protegidas* (escala 1:4 000 000). Unidad Coordinadora de Áreas Naturales Protegidas, México.

Semarnap-ine-Conabio (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca-Instituto Nacional de Ecología-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1995. *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*. México, pp. 159.

snib-Conabio (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1999. Bases de datos.

SOLBRIG, O.T. 1992. Discurso inaugural. En: J. SARUKHÁN y R. DIRZO (comps.), *México ante los retos de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 21-28.

SOULSBY, C. 1982. Hydrological controls on acid runoff generation in an afforested headwater catchment at Llyn Brianne, Mid-Wales. *Journal of Hydrology* 138:431-448.

SPENCE, D.H.N. 1964. The macrophytic vegetation of freshwater lochs, swamps and associated fens. En: J.H. BURNETT (ed.). *The vegetation of Scotland*. Oliver and Boyd, Londres.

SRH (Secretaría de Recursos Hidráulicos). 1965. *Atlas nacional del agua*. México.

SRH (Secretaría de Recursos Hidráulicos). 1970. Subcuencas hidrológicas en "Mapas de regiones hidrológicas". Escala más común 1:1 000 000. *Boletín Hidrológico*. Jefatura de Irrigación y Control de Ríos, Dirección de Hidrología, México.

SRH (Secretaría de Recursos Hidráulicos). 1976. *Atlas del agua de la República mexicana*. México, pp. 232.

STEINICH, B. y L.E. MARÍN. 1996. Hydrogeological investigations in northwestern Yucatán, Mexico, using resistivity surveys. *Ground Water* 34(4):640-646.

STEINICH, B., G. VELÁZQUEZ-OLIMÁN, L.E. MARÍN y E.C. PERRY. 1996 Determination of the ground water divide in the karst aquifer of Yucatán, Mexico, combining geochemical and hydrogeological data. *Geofísica Internacional* 35:153-159.

STOKES, P.M., E.T. HOWELL y G. KRATZBERG. 1989. Effects of acidic precipitation on the biota of freshwater lakes. En: D.C. ADRIAN y A.H. JOHNSON (eds.), *Acid precipitation*. Springer-Verlag, Nueva York, Vol. 2:273-304.

STRAŠKRABA, M. y J.G. TUNDISI. 1999. Reservoir water quality management. *Guidelines of Lake Management*. International Lake Environment Committee Foundation, Japón, Vol. 9, pp. 229.

SUÁREZ, E., L. SEGURA y M.A. FERNÁNDEZ. 1986. Diversidad y abundancia del plancton en la laguna de Catemaco, Veracruz, durante un ciclo anual. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* 13(3):313-316.

SUÁREZ-MORALES, E., J.W. REID, T.M. ILIFFE y F. FIERS. 1996. *Catálogo de los copépodos (Crustacea) continentales de la Península de Yucatán, México*. Ecosur y Conabio, pp. 296.

TAMAYO, J.L. 1962. *Geografía general de México. II*. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, México, pp. 648.

TANSLEY, A.G. 1949. *The British islands and their vegetation*. University Press, Cambridge.

TAYLOR, E.H. 1943. A new amblystomid salamander adapted to brackish water. *Copeia* 3:151-156.

TEASE, B. y R.A. COLER. 1984. The effects of mineral acids and aluminum from coal leachate on substrate periphyton composition and productivity. *Journal of Freshwater Ecology* 2:459-467.

TINOCO, J., M.R. y V.L.D. ATANASIO. 1988. *Inventario nacional de cuerpos de agua*. Secretaría de Pesca, México.

TOLEDO, V.M., J. CARABIAS, C. MAPES y C. TOLEDO. 1985. *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. Siglo XXI, México.

TOLEDO, V.M., J. CARABIAS, C. TOLEDO y C. GONZÁLEZ-PACHECO. 1989. *La producción rural en México: alternativas ecológicas*. Facultad de Ciencias, UNAM y Fundación Universo Ventiuno, Colección Medio Ambiente, 6, México.

TOLEDO, V., P. ÁLVAREZ-ICAZA y P. ÁVILA (eds.). 1993. *Plan Pátzcuaro 2000. Investigación multidisciplinaria para el desarrollo sostenido*. Fundación Friedrich Ebert, México, pp. 320.

TORRES-OROZCO, R.E. y A. PÉREZ-ROJAS. 1995. El lago de Catemaco. En: G. DE LA LANZA y J.L. GARCÍA C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, México, pp. 155-175.

UNEP (United Nations Environment Programme). 1995. *Global biodiversity assessment*. V.H. Heywood (edt.). Cambridge University Press.

UNEP (United Nations Environment Programme). 1997. *Diversidad biológica de las aguas interiores*. Informe del Secretario Ejecutivo. UNEP/CBD/SBSTTA/3/2:31.

VAN DER KAMP, G. 1995. The hydrogeology of springs in relation to the biodiversity of spring fauna: A review. *Journal of the Kansas Entomological Society* 68(2):4-17.

VÁZQUEZ SÁNCHEZ, M.A. y M.A. RAMOS OLMOS (eds.) 1992. Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: investigación para su conservación. *Publicaciones Especiales Ecosfera 1*. Centro de Estudios para la Conservación de los Recursos Naturales, A.C., San Cristóbal de las Casas, pp. 436.

VÁZQUEZ SÁNCHEZ, M.A. e I. MARCH MIFSUT (eds.). 1996. *Conservación y desarrollo sustentable en la selva El Ocote, Chiapas*. El Colegio de la Frontera Sur, Centro de Estudios para la Conservación de los Recursos Naturales, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 421.

VELÁZQUEZ, L. y A. ORDAZ. 1992. Provincias hidrogeológicas de México. *Ingeniería Hidráulica en México* 7(11):36-55.

VENEGAS, S.S, J.J. HERRERA y R. MACIEL. 1985. Algunas características de la Faja Volcánica Mexicana y de sus recursos geotérmicos. *Geofísica Internacional* 24(1):47-81.

VERA, M.O. y L.A. ORTIZ. 1980. *Estudio de la diversidad del fitoplancton y su distribución vertical a lo largo de un ciclo anual y su relación con algunos parámetros físicos y químicos en el lago-cráter de Alchichica, Puebla, México*. Servicio Social de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Zootecnia, UAM-Iztapalapa, México.

WARD, J.V. y J.A. SANFORD. 1989. Riverine ecosystems: The influence of man on catchment dynamics and fish ecology. En: D.P. DODGE, 56-64, *Proceedings of the International Large River Symposium*, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106, Ottawa, Department of Fisheries and Oceans.

WCPA (World Commission on Protected Areas). 1998. *Economic values of protected areas. Guidelines for protected area managers*. A. Phillips (Series Edt.). IUCN, Gland, pp. 52.

WETZEL, R.G. 1983. *Limnology*. Saunders, Filadelfia.

WIEBE, W.A. 1926. Tectonics of the Tehuantepec Isthmus. *Panamenean Geology* 45:15-28.

WILLIAMS, D.D. 1987. *The ecology of temporary waters*. Croom Helm, Londres.

WILLIAMS, J.E., J.E. JOHNSON, D.A. HENDRICKSON, S. CONTRERAS-BALDERAS, J.D. WILLIAMS, M. NAVARRO-MENDOZA, D.E. MCALLISTER y J.E. DEACON. 1989. Fishes of North America endangered, threatened or of special concern: 1989. *Fisheries* 14(6):2-20.

WILLIAMS, W.D. 1987. Salinization of lakes and streams: An important environmental hazard. *Ambio* 16:180-185.

WILLIAMS, W.D. 1993. Conservation of salt lakes. *Hydrobiology* 267:291-306.

WILLIAMS, W.D. 1996. The largest, highest and lowest lakes of the world: Saline lakes. *Verhandlungen Internationalis Vereinigung Limnologie* 26:61-79.

WILSON, E.O. (ed.). 1988. *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C.

WCMC (World Conservation Monitoring Centre). 1992. *Global biodiversity: Status of the Earth's living resources*. Chapman and Hall, Londres.

Aguas continentales
y diversidad biológica de México
se terminó de imprimir en octubre de 2000
en los talleres de Offset Rebosán, S.A. de C.V.
Acueducto 115, 14370 México, D.F.
Tipografía y formación a cargo de
Socorro Gutiérrez y Patricia Zepeda,
en Redacta, S.A. de C.V.
La edición consta de 500 ejemplares.

C O N A B I O

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad